

TNO-rapport

TM-04-I003

**Gedragmodellering voor simulaties —
Inventarisatie en strategie bepaling**

Datum	april 2004
Auteur(s)	J.E. Korteling, K. van den Bosch, W.A. Lotens
Exemplaarnummer	
Oplage	20
Aantal pagina's	39
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	
Projectnaam	Human Behaviour Modelling
Projectnummer	013.63052

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	3
1 INLEIDING	5
1.1 Motivatie: urgentie en kansen	5
1.2 Opzet van de notitie	7
2 GEDRAGSMODELLEN NADER BEKEKEN	7
2.1 Toepassingsgebied	8
2.2 Taakdomein	8
2.3 Aggregatieniveau	9
2.4 Ontwikkelingsfase	10
3 MARKT	11
3.1 Civiele markt	11
3.2 Defensie	12
4 GEDRAGSMODELLEN: ONDERZOEK EN TOEPASSINGEN	15
4.1 Ontwikkelingen internationaal	15
4.2 Lopende projecten binnen TNO Technische Menskunde	18
4.3 Clustering en koppeling van modellen	20
5 MIDDELEN	21
5.1 Inventarisatie huidige modellen binnen TNO Technische Menskunde	21
5.2 Inventarisatie buiten TNO Technische Menskunde	22
6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	23
6.1 Uitgangspunten	23
6.2 Positionering ten opzichte van de markt	24
6.3 Mogelijke toekomstige projecten	24
7 PLAN VAN AANPAK	26
7.1 Projecten en activiteiten	27
7.2 Investerings en middelen	29
REFERENTIES	31
BIJLAGE A Inventarisatie van Human Models bij TNO Technische Menskunde	32

Gedragmodellering voor simulaties — Inventarisatie en strategiebepaling

J.E. Korteling, K. van den Bosch, W.A. Lotens

SAMENVATTING

Probleemstelling: Simulaties worden steeds vaker ingezet voor verschillende vraagstukken, zoals voor systeemontwerp en -analyse, training, taakondersteuning, missierehearsal en doctrineontwikkeling. Een valide simulatie vereist een goed begrip van (het deel van) de werkelijkheid die moet worden nagebootst en de technologie waarmee dit begrip kan worden omgezet in computermodellen. In de voorbije decennia is de wetenschap van de fysica zo gevorderd dat de eigenschappen van omgevingen, objecten en fysische systemen goed gesimuleerd kunnen worden. Ook in de human factors wetenschappen is grote vooruitgang geboekt maar het is desondanks nog maar zeer beperkt mogelijk om van menselijke functies en processen natuurgetrouwe en valide modellen te construeren. Dit geldt in het bijzonder voor cognitief gedrag. De wetenschappelijke inzichten in de processen die zich voltrekken bij het beoordelen van situaties en het nemen van beslissingen missen precisie en volledigheid. Nog moeilijker is het modelleren van groepsgedrag.

Eén van de belangrijke uitdagingen voor de toekomst is om de kracht van simulaties te verbeteren door modellering van mensgedrag. Er is een groeiend besef dat met de zich immer uitbreidende toepassingsmogelijkheden van simulaties (doctrine-ontwikkeling, training, beslissingsondersteuning, systeemontwerp, etc.) de behoefte aan accurate representaties van het gedrag van individuen en groepen steeds dringender wordt. TNO Technische Menskunde wilde onderzoeken op welke wijze het modelleren van menselijk gedrag in simulaties gestalte moet krijgen, en op welke aspecten wij ons moeten richten om de uitdagingen van de toekomst succesvol tegemoet te kunnen treden.

Werkwijze: We voerden discussies en besprekingen over de wetenschappelijke en bedrijfsmatige belangen van onderzoek naar modellering van mensgedrag, en stelden daaruit richtlijnen op voor de te volgen werkwijze.

In het onderzoek naar modellering van mensgedrag moet (a) worden aangesloten bij de internationale ontwikkelingen op dit gebied en (b) rekening worden gehouden met de wensen van huidige en toekomstige afnemers. We voerden een analyse uit van actuele wetenschappelijke ontwikkelingen en verkenden de mogelijkheden van kennistoepassingen voor de civiele en militaire markt.

TNO Technische Menskunde maakt voor veel onderzoeksprojecten reeds gebruik van modellen van menselijke functies en gedrag. We stelden een overzicht samen van die projecten en van de daarin voortgebrachte mensmodellen.

Tenslotte gebruikten we de uitkomsten van de analyses en inventarisaties om een plan van aanpak op te stellen.

Resultaten en conclusies: We stelden de volgende richtlijnen op voor ontwikkeling van kennis en ervaring op gebied van mensmodellering: (1) bij de ontwikkeling van gedragsmodellen moet de toepassing ervan in een probleemveld centraal staan; (2) aansluiting bij ander onderzoek (technisch, operationeel) is belangrijk; (3) ontwikkeling van kennis moet gericht zijn op exploitatie; (4) hergebruik en interoperabiliteit door synergie is essentieel omdat gedragsmodellering kostbaar is in termen van tijd en geld; (5) een gezamenlijke infrastructuur is nodig voor de noodzakelijke afstemming en synergie; (6) validiteit van gedragsmodellen voor toepassing moet aantoonbaar zijn.

In de wetenschappelijke literatuur vonden we dat het bepalen van het *aggregatieniveau* van groot belang is voor onderzoek naar gedragsmodellen. Gedrag kan bijvoorbeeld worden beschreven als functie van *fysische omstandigheden* (bijv. draaglast of hitte), als functie van de *organisatievorm* (bijv. als lid van een hiërarchisch team versus een ‘plat’ team), als functie van *psychologische variabelen* (bijv. angst, vermoeidheid), als functie van *kennis* (bijv. opleiding, getraindheid, ervaring). Soms wordt getracht verschillende niveaus te verenigen in één supermodel waarmee uiteenlopende typen vragen onderzocht en beantwoord zouden kunnen worden. Wij concludeerden dat deze aanpak technologisch riskant en ineffectief is. Een pragmatische benadering van onderzoek is nodig die primair voortkomt uit de toepassingsbehoefte.

Onderzoek en demonstraties op geselecteerde toepassingsgebieden dienen zoveel mogelijk te worden gerealiseerd met een gezamenlijke infrastructuur. Dit bevordert de synergie, afstemming en integratie die nodig is om aan (toekomstige) behoeften van klanten te kunnen voldoen. Bij de krijgsmacht bestaat een gemeenschappelijke behoefte aan kennis van gedragsmodellering op het gebied van beleids- en doctrineontwikkeling, systeemontwerp, training, en operationele ondersteuning. Ook civiel is kennis en ervaring op het gebied van gedragsmodellering goed te vermarkten, met name in de kerngebieden “Maatschappelijke Veiligheid” (bijv. management, crisisbeheersing), en “Transport en Logistiek” (bijv. rij-, vaar-, en vliegsimulatoren).

Toepasbaarheid: We hebben een plan van aanpak opgesteld voor onderzoek naar gedragsmodellering. Daarin stellen we voor om het onderzoek te concentreren op twee toepassingsgebieden: (a) gedragsmodellen voor onderzoek naar de effectiviteit van operationeel optreden in het domein van uitgestegen soldaten, en (b) gedragsmodellen als ‘cognitive agents’ voor optimalisatie van training in het domein van tactische commandovoering van commandanten en staven.

1 INLEIDING

We gebruiken de term gedragsmodellering voor het in modelvorm beschikbaar maken van kennis over menselijk gedrag. Andere, verwante termen zijn Human Performance Modelling en Human Behaviour Modelling. Afhankelijk van de toepassing wordt hier kleur aan gegeven, maar de kern is dat deze kennis over menselijk gedrag door middel van formele modellering bruikbaar wordt gemaakt binnen de context van een probleem van de klant. Operations research is het klassieke voorbeeld. Dat beschrijft de afloop van een scenario, afhankelijk van vele verschillende parameters. Door de voortschrijdende verfijning (van strategische eenheden naar tactische eenheden naar wapensystemen naar individuen) komt menskennis meer en meer in de picture. Tegelijk wordt ingezien dat het niet alleen gaat om 'harde' gevechten, maar ook om softe, zoals beïnvloeding van moreel. Daarom bestaat er wereldwijd belangstelling voor de ontwikkeling van modellen voor allerlei toepassingsgebieden, zoals modellering en simulatie van gevechtsoperaties, van trainingsomgevingen en van nieuw te ontwikkelen complexe systemen. Eén van de deelonderwerpen waar het hier om gaat betreft *constructieve* simulaties. Constructieve simulaties maken gebruik van zogenaamde gesimuleerde menselijke entiteiten. Hiervoor zijn formele, generieke beschrijvingen van menselijk gedrag nodig, i.e. wat onveranderlijk en gemeenschappelijk is aan mensen en wat in modellen beschreven en ingepast kan worden. De computersimulaties zijn erop gericht de effectiviteit van gedachte operaties te testen, efficiënte trainingsomgevingen te gebruiken en nieuwe systemen te prototypen. Met andere woorden: het gaat hier altijd om het onverifieerbare te voorspellen en te toetsen, en ter verhoging van doelmatigheid en efficiency.

Een verdere uitwerking van gedragsmodellen in toepassingsgebieden en aggregatieniveaus is te vinden in hoofdstuk 2.

1.1 Motivatie: urgentie en kansen

Modellering en simulatie (M&S) wordt veelvuldig door TNO-DO ingezet ter ondersteuning van Defensie ten behoeve van haar operationele-, logistieke en bedrijfsprocessen (dus inclusief materieelverwerving en O&T). Er zijn verschillende redenen waarom het van belang is onze kennis over menselijk gedrag door middel van formele modellering beter bruikbaar te maken, zowel voor onze klanten als voor TNO. Deze worden hieronder besproken.

Integraal problemen oplossen

Simulatieprogramma's worden ontwikkeld om een probleem integraal op te lossen. Uit de simulatie en gegeven het scenario of het proces wordt duidelijk welke kennis nodig is en wat de oplossingsrichting van het probleem moet zijn. Vaak gaat het om virtuele problemen: als wij in een gevecht terecht zouden komen van deze aard, wat zou er dan gebeuren? Dat kan met onze traditionele methoden moeilijk worden opgelost. Andere problemen zijn: als wij de training, organisatie, logistiek enz anders zouden aanpakken, hoe ziet dan onze gevechtskracht er uit? Dit zou in een praktijkproef uitgetest kunnen worden, maar dat is veel te duur en ingrijpend om zo aan te pakken. TNO Technische Menskunde kan haar probleemoplossend vermogen vergroten door haar kennis integraal in te brengen in gesimuleerde 'wat als' scenario's.

Aansluiten bij anderen

Binnen TNO hebben PML en FEL een traditie in militair-operationele simulatie (FEL vanuit OR en PML vanuit wapenstudies). Zonder inbreng van TNO Technische Menskunde zou de mens daarbij vanuit ingenieursperspectief worden gemodelleerd. TNO Technische Menskunde moet de bestaande simulatiekennis gebruiken door samenwerking te zoeken met onze TNO-DO partners en zo duidelijk te maken dat wij goed zijn toegerust voor dit werkveld.

De krijgsmacht is vanzelfsprekend een andere belangrijke partij. Enkele voorbeelden kunnen dit illustreren. De KM ontwerpt schepen vanuit technisch perspectief. TNO Technische Menskunde kan hun hiaten over kennis van het belang van human factors voor (scheeps) ontwerp opvullen. De KM en de KL hebben beide grote behoefte aan betere trainingsmethoden op het gebied van commandovoering (wargames) waarbij menselijke entiteiten worden gesimuleerd.

Effectieve exploitatie van kennis

Menselijke gedragsmodellering is een belangrijk middel voor het expliciet vastleggen, toetsen en doorontwikkelen van onze eigen kennis binnen TNO Technische Menskunde over het menselijk functioneren in technologische omgevingen. Het verhoogt het begrip van de materie en maakt dat direct bruikbaar voor toepassingen nadat de initiële inspanning is geleverd. De responsnelheid die daarmee gewonnen wordt is een sterk argument voor de klant. Ervaring met modellen is bovendien een geschikt middel voor overdracht van kennis (continuïteit, delen).

Synergie

De ontwikkeling van M&S is kostbaar en tijdrovend. De eerste inventarisatie van kennis en activiteiten op M&S gebied binnen TNO Technische Menskunde leverde een wat chaotisch beeld op. Kennishouders zien voornamelijk hun eigen toepassing en het is kennelijk moeilijk om de mogelijkheden te vergroten door gezamenlijke kennisontwikkeling. Het is niet zeker of de diverse gebruikte methoden en toepassingen elkaar ondersteunen, maar dat moeten we, o.a. door deze notitie, wel uitvinden. Hergebruik en interoperabiliteit van reeds ontwikkelde modellen en simulaties kan de ontwikkeling en het gebruik aanzienlijk effectiever en efficiënter maken.

Gezamenlijke infrastructuur

Op het gebied van menselijk gedrag en menselijke prestatie bezit TNO Technische Menskunde kennis en modellen, software en simulatoren die voor diverse toepassingen kunnen worden gebruikt. Deze infrastructuur wordt grotendeels ingezet voor Defensie opdrachten, maar wordt in toenemende mate ook van belang voor civiele toepassingen. Paradoxaal genoeg zou dat een noodzaak kunnen worden om Defensie te kunnen blijven bedienen. Dat moet zoveel mogelijk in een generieke vorm en in een gestandaardiseerde-modulaire vorm zodat de modellen in verschillende simulaties kunnen worden gebruikt (herbruikbaar), koppelbaar zijn (interoperabiliteit) en makkelijk te implementeren zijn.

Kwaliteit

Het is van belang dat modellen voldoende valide gedrag genereren, gegeven het doel waar de modellen voor worden gebruikt. Met name op het gebied van de simulatie van menselijk gedrag zijn modellen tot op heden vaak nog inadequaat. Het gedrag van menselijke entiteiten is onvoldoende intelligent, adaptief, en flexibel om doelstellingen bijv. op het gebied van doctrine-

en beleidsontwikkeling en training effectief te kunnen ondersteunen. Dit is nadelig voor de kwaliteit en validiteit van de resultaten van studies en trainingen.

1.2 Opzet van de notitie

In de voorbije periode zijn binnen TNO Technische Menskunde diverse projecten op het gebied van menselijke gedragsmodellering gestart. De doelstelling van deze notitie is hier ordening in aan te brengen, gelijklopende initiatieven te bundelen en, op basis van de huidige status quo, aan te geven hoe en in welke richting onze kennis zich verder dient te ontwikkelen. Daartoe wordt in de volgende secties allereerst nader ingegaan op de verschillende soorten modellen, hun toepassingsgebieden en ontwikkelingsstadia. Vervolgens worden de behoeften vanuit de markt beschreven en in kaart gebracht (H3). Daarna inventariseren we de huidige, projecten, kennis, relaties en modellen binnen ons instituut (H4, H5). Tot slot volgt een analyse van de beschreven situatie, waarbij (nieuwe) doelstellingen worden geformuleerd (H6) en een plan van aanpak om de doelstellingen te bereiken (H7).

2 GEDRAGSMODELLEN NADER BEKEKEN

Doorgaans worden drie typen van simulatie onderscheiden: live simulaties, virtuele simulaties en constructieve simulaties. *Live simulaties* zijn simulaties met echte personen in echte systemen (bijv. klapdoelen en, duelsimulator KL). *Virtuele simulaties* zijn simulaties met echte personen in gesimuleerde systemen (bijv. rij-, vlieg- en vaarsimulatoren). *Constructieve simulaties* zijn simulaties met gesimuleerde personen in gesimuleerde systemen (bijv. Kibowi en TACTIS).

Virtuele simulaties kunnen constructieve elementen bevatten, zoals computer-gegenereerde entiteiten (CGF, ander verkeer). De onderhavige notitie betreft alle constructieve elementen in virtuele en constructieve simulaties. Deze constructieve menselijke entiteiten kunnen globaal op vier manieren in een simulatie functioneren: als tegenstander (CGF/Opfor), als medestander (virtual team mates), als neutrale participant (bijv. intelligent verkeer) en als “aanstuurder”, oftewel een module die van buitenaf de simulatie (mede) aanstuurt (virtuele instructeur). In alle gevallen dienen de menselijke entiteiten zich zo te gedragen dat het doel waarvoor de simulatie wordt gebruikt zo goed mogelijk wordt gediend. Dit heet de *functionele validiteit* van de simulatie.

Modellen en simulaties kunnen op vele dimensies worden onderscheiden. Voor de huidige notitie is onderscheid naar de volgende vier dimensies van belang:

- *Toepassingsgebied*
- *Taakdomein*
- *Aggregatieniveau*
- *Ontwikkelingsfase*

In principe zijn deze vier dimensies onafhankelijk met elkaar te combineren. Sommige combinaties liggen echter meer voor de hand dan andere. Zo zul je niet snel een psychofysisch

model (aggregatieniveau) gebruiken voor beleidsondersteuning en doctrine-ontwikkeling (toepassingsgebied). Daarnaast zijn gevechts-/campagnemodellen niet (of slechts marginaal) gevalideerd en fysische modellen zijn het kwalitatieve (ontwikkelingsfase) stadium meestal ontgroeid.

2.1 Toepassingsgebied

Meestal worden de volgende toepassingsgebieden onderscheiden:

- beleidsondersteuning
- materieelverwerving
- opleiding & training
- operationele ondersteuning, mission rehearsal
- research.

2.2 Taakdomein

Taakdomeinen kunnen op vele verschillende manieren worden onderscheiden. In het ELSTAR project (Korteling e.a., 1997) is een systematiek voor indeling van militaire taakdomeinen ontwikkeld voor M&S doeleinden. Met deze systematiek zijn 100 militaire taakdomeinen verdeeld over 6 clusters. Deze systematiek werd later gebruikt door de NATO (RTO Technical Report, TR-047, 2001) en wordt momenteel toegepast in het project Familievorming KL Simulatoren. De systematiek is ontworpen voor toepassing op militaire domeinen, maar is ook toepasbaar voor civiele domeinen. Hieronder de zes clusters:

- *Voertuigbesturing en navigatie*. Dit zijn taken die betrekking hebben op een transportfunctie, ter land, ter zee of in de lucht. Dit kan de besturing van het platform betreffen of het navigeren ervan, zowel onder bedreiging als zonder.
- gebaseerd op de complexiteit van de taak en aantal taakwisselingen *Intelligence and target acquisition*. Dit betreft staken die betrekking hebben op verkenning en het verzamelen en overbrengen van informatie over doelen, schade aan objecten (BDA) en andere tactische of strategische informatie. Dit kan plaatsvinden op alle niveaus, van individuele strijdkrachten tot bevelvoering, ter land, ter zee en in de lucht.
- *Bedienings- en (schiet)technische taken*. Dit betreft taken die betrekking hebben op doelacquisitie en doelbestrijding ter land, ter zee en in de lucht.
- *Tactische procedure- en management(staf)taken*. Dit betreft taken die betrekking hebben op Command & Control vanaf individuele platforms tot op divisieniveau. Het betreft de planning, preparatie en/of uitvoering van missies op het land, ter zee en in de lucht.
- *Onderhoudstaken*. Dit betreft taken die betrekking hebben op verzorgingssteun, zoals onderhoud, storingzoeken en reparatie, noodprocedures uitvoeren, beschermen en verzorgen van personeel, logistiek en administratie.
- *Logistiek en genie*. Dit betreft taken die betrekking hebben op gevechtssteun op het land en ter zee. Dit betreft het scheppen van voorwaarden voor, handhaven en bevorderen van mobiliteit en het uitvoeren van counter-mobiliteit.

2.3 Aggregatieniveau

Modellen kunnen hiërarchisch worden opgebouwd en ingedeeld. Een eenvoudig voorbeeld (waarin enkele mogelijke tussenstappen zijn weggelaten): Model A simuleert de visuele detectie prestatie van een schutter onder bepaalde omstandigheden. De resultaten van deze simulaties worden gebruikt in model B, waarmee de prestatie van een individuele tank wordt gesimuleerd. Dit model wordt vervolgens toegepast in simulatiemodel C, waarmee gevechtstanks in teamverband worden gesimuleerd. De uitkomsten van dit model zijn van belang voor het model op het hoogste niveau, waarin alle functies van militair optreden in samenhang worden gemodelleerd.¹

Het concept dat het aggregaat gelijk is aan de som der samenstellende delen plus alle relaties daartussen, is interessant voor de model-ontwikkeling. Dit zou namelijk betekenen dat de deelcomponenten van aggregaatmodellen (bijv. individuele personen of mobiele platforms) separaat kunnen worden ontwikkeld en gevalideerd. De gevalideerde aspecten hoeven dan niet meer opnieuw in de context van de hogere niveaus te worden gevalideerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit principe vooralsnog *alleen* opgaat voor aggregaatmodellen die opgebouwd zijn uit vele *gelijksoortige* deelcomponenten, bijv. verkeersdeelnemers of infanteristen met een gelijksoortige opdracht.

Verder filosoferend zou dit betekenen dat het construeren van bijv. een volledig mensmodel (systeem) uit een volledige verzameling (gevalideerde) lagere-orde deelmodellen, die alle een ander menselijk (psycho)fysich proces beschrijven, mogelijk is. Ook hier stuiten we echter op het probleem van de incompatibiliteit van invoer en uitvoerparameters¹. Daarnaast bestaat het praktische probleem van de overvloed aan elementaire invoergegevens die een dergelijke benadering vereist. Een mensmodel alleen is niet voldoende. Om een model te kunnen laten functioneren is er een omgeving nodig die in dezelfde orde van complexiteit is gemodelleerd en die de gegevens aanlevert waar het model “om vraagt”. Zo is, bij de toepassing van zo’n hypothetisch aggregaatmodel, degene die op beleids- of doctrine niveau iets wil doorrekenen niet in staat de gegevens aan te leveren of te verkrijgen op een veel lager niveau waar het geïntegreerde model om vraagt. Daar kan tegen worden ingebracht dat die lagere-orde informatie als ruis kan worden opgevat die je kunt negeren. Maar dat zou betekenen dat het weinig zin heeft die lagere-orde modellen überhaupt te gebruiken voor geïntegreerde hogere-orde toepassingen. Wellicht zou zoiets wel kunnen werken voor een heel beperkt taakdomein, bijv. waarin een groep individuen alleen maar bepaalde targets moeten detecteren. (Hier is overigens weer sprake van meerdere simultaan opererende gelijksoortige deelmodellen.) Als de deelmodellen niet gelijksoortig zijn (bijv. visueel detecteren en tegelijkertijd daarover verbaal communiceren, terwijl je op een bewegend platform staat) dan is het vaak, vanwege de “combinatoire explosie”, handiger dit op een meer geaggregeerd niveau te modelleren en te valideren. Tot nu toe zijn alle pogingen om te komen tot een volledig en gedetailleerd mens-

model mislukt, terwijl de bedragen die hiervoor werden uitgetrokken zeer groot waren (Pew & Mavor, 1999).

We kunnen valide deelmodellen opvatten als “wetten” (generaliseerbaar). Echter het in breder verband gebruiken impliceert nieuwe relaties die ook weer gevalideerd moeten worden. Dit hoeft niet de kortste weg te zijn, omdat op hogere aggregatieniveaus toeval een grotere rol speelt en individuen uitmiddelen. Met andere woorden: er zit minder human factors in. Een heuristisch verband is daar misschien efficiënter. Menselijke gedragsaspecten die dan overblijven liggen op het vlak dat allen raakt: trainingsniveau, sociale processen, door doctrine afgedwongen beperkingen, etc.

Tabel 1 toont een eenvoudige M&S taxonomie volgens aggregatieniveau en toepassing. De rijen representeren de aggregatie- of orde-niveaus, de kolommen representeren de toepassingsgebieden. De kruisjes geven de belangrijkste “markten” aan (zie hoofdstuk 3).

Tabel 1 M&S taxonomie volgens aggregatieniveau en toepassing.

	Beleids Ondersteuning	Materieel Verwerving	Opleiding & Training	Operationele Ondersteuning	Research
Hoger	X	X	X	X	
Groep/team		X	X	X	
(Deel)systeem		X	X	X	X
Fysisch					X

2.4 Ontwikkelingsfase

Binnen cellen kan onderscheid worden gemaakt naar het ontwikkelingsstadium van modellen, uiteenlopend van “conceptueel kwalitatief” tot “gevalideerde simulatie” (zie Tabel 2). Serieuze modellen zijn gebaseerd op wetenschappelijk gevalideerde kennis. Deze kennis kan vervolgens geïntegreerd als model zijn gevalideerd, of beter nog, als onderdeel van een simulatie.

Tabel 2 Onderscheid modellen naar ontwikkelingsfase.

	Ontwikkelingsfase	
	Gevalideerd als model	Gevalideerd als (onderdeel van een gevalideerde) simulatie
Conceptueel kwalitatief		
Conceptueel kwantitatief		
In software		
Embedded in een simulatie		

¹ Dit voorbeeld suggereert dat ‘data’ de interface is tussen verschillende niveaus van modellen: het resultaat (in data) van model A vormt de input voor model B. Deze voorstelling van zaken is slechts eenzijdig, en eenvoudig. De compatibiliteit van de invoer- en uitvoer data van verschillende modellen is allesbehalve vanzelfsprekend. Anderzijds is het in principe wel degelijk mogelijk om detailmodellen te koppelen aan hogere orde modellen. De HLA-filosofie kan hiervoor een goede algemeen geaccepteerde standaard vormen. Geen van de modellen binnen Human Factors voldoet momenteel aan dergelijke standaarden.

3 MARKT

3.1 Civiele markt

De civiele markt is zo breed, versnipperd en grotendeels onbekend dat we hier niet diep op in kunnen gaan. Bovendien hebben we te maken met een beperkt aantal kerngebieden waarop TNO vanuit strategische overwegingen wil focussen. Voor uiteenlopende toepassingsgebieden liggen mogelijkheden voor (modelmatige) toepassing van menselijk gedrag, zoals:

- (bedrijfs)economie
- management (crisisbeheersing)
- logistiek
- procesindustrie
- planologie
- transport
- etc.

Op veel van deze gebieden is kennis over het menselijk functioneren van essentieel belang. Vanuit de TNO strategie-kerngebieden (zie account-nota's) ligt het voor de hand te focussen op toepassingen in Maatschappelijke Veiligheid en Transport.

In (bedrijfs)managementonderwijs wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van simulaties en games (Moratis, Hoff & Satter, 2003). Over de validiteit van de modellering van het gedrag van mensen en groepen mensen als functie van genomen managementbeslissingen is tot op heden niets of weinig bekend. Een ander kansrijk gebied betreft de ondersteuning van gedistribueerde training van (crisis)teams met behulp van agent-coaches, of door virtuele teamleden. Ook Crew Resource Management trainingen vinden nu vrijwel altijd plaats in de vorm van rollenspelen onder leiding van een instructeur. De inzet van gedragsmodellen als speler of coach kan dit type trainingen beter en efficiënter maken.

In het domein Transport liggen mogelijkheden om gedragsmodellen in te zetten in rij-, vaar-, en vliegsimulators. In de low-cost rijsimulator van TNO Technische Menskunde is het gedrag van andere verkeersdeelnemers gemodelleerd, zodat scenario's ontwikkeld kunnen worden die specifiek gericht zijn op het halen van het specifieke leerdoel (bijv. een leerdoel zou kunnen zijn: "auto's op de invoegstrook de gelegenheid geven in te voegen". Een simulatiescenario waarin dit geleerd kan worden is dat de trainee in zijn auto op de rechterrijstrook rijdt, en er rechts naast hem een auto even hard op de invoegstrook rijdt. Het gedragsmodel dat de auto op de vluchtstrook 'bestuurt' moet adequaat reageren op het gedrag van de trainee. Dus als de trainee inhoudt, geeft het model gas om voor de trainee in te voegen; als de trainee gas geeft, voegt de auto achter de trainee's auto in. Het gedragsmodel interacteert met de man-in-the-loop). Analoge toepassingen voor de vaar- en vliegwereld liggen voor de hand.

3.2 Defensie

Bewezen behoefte

Onze belangrijkste opdrachtgever streeft met gedragsmodellering de volgende doelen na:
 Betrouwbare en valide voorspellingen doen voor beleidsontwikkeling- en doctrinestudies
 Ontwerpen van betrouwbare en valide tests voor nieuwe systemen
 Inzet van doelmatige en efficiënte trainingssystemen en omgevingen
 Inzet van doelmatige en efficiënte faciliteiten voor operationele ondersteuning en mission rehearsal.

Relatie met doel en armslag van de krijgsmacht

Met betrekking tot M&S is de klant vooral geïnteresseerd in modellen op aggregatieniveaus boven het psychofysische niveau. Psychofysische modellen zijn voor deze klant indirect natuurlijk wel van belang omdat ze de kwaliteit en validiteit van modellen kunnen bevorderen. Daarnaast zijn psychofysische modellen belangrijk voor de wetenschappelijke ondersteuning, en dus voor onszelf. Echter, de militair zelf neemt geen beslissingen en wordt niet getraind op dit detailniveau. Voor de klant gaat het om “integrale verrichtingen” buiten het lab.

Op defensiegebied is er in toenemende mate sprake van globalisering en internationalisering. Dat betekent dat prioriteiten worden verlegd en dat sommige aandachtsgebieden worden afgestoten. Dat laatste blijkt in de praktijk moeilijk, omdat men geneigd is alles wat “in het handboek staat” te willen blijven kunnen. Maar de prioriteit is verlegd: vredesoperaties zijn nu nummer één en landsverdediging komt daarna. Momenteel is er verwarring over het feit dat de investeringen soms haaks staan op de prioriteit van de taken. Daarbij is onderbezetting wellicht het grootste probleem, waardoor het moeilijk is in de uitzendingen te voorzien. Vergroting van effectiviteit is daarom van groot belang.

Toepassingsgebieden

De hieronder beschreven inventarisatie van M&S toepassingen per krijgsmachtdeel en per toepassingsgebied is gebaseerd op inschattingen van account-georiënteerde specialisten binnen TNO (Inventarisatie behoefte M&S infrastructuur bij defensie, 2001).

KL

Bij *Beleidsontwikkeling* zal de komende jaren de inzet van M&S langs twee richtingen plaats vinden: simulatie van de nieuwe typen operaties zoals operaties in verstedelijkte gebieden, asymmetrisch gevecht, (uitgestegen) infanteriegevecht, crisisbeheersingsoperaties (in buiten- en binnenland). De lopende activiteiten om hiervoor scenario's te ontwikkelen zijn voorwaarscheppend. In alle nieuwe typen operaties is de rol van het individu van groot belang; mensmodellering in virtuele- en constructieve simulaties zullen dus een grotere rol gaan spelen. Daarnaast is de analyse van toekomstige technologische ontwikkelingen van belang. Beide ontwikkelingen vereisen nieuwe constructieve simulatiemodellen voor gevechtsanalyses, alsmede nieuwe functionele effectiviteitmodellen. Modernisering van bestaande manoeuvre-modellen is een must.

Ten behoeve van *materieelverwerving* zal M&S steeds intensiever worden ingezet, onder andere in de trade-off met kosten. Bij zowel beleidsontwikkeling als materieelverwerving (PVE) zal simulatie een grotere rol gaan spelen, in de verdere toekomst ook bij operationele ondersteuning. In de komende jaren zullen de belangrijkste onderwerpen zijn: de invoering van nieuwe pantservoertuigen, koppeling van C2-systemen aan M&S-systemen, operaties in verstedelijkt gebied en vredesoperaties, TACTIS, en de ondersteuning van operatiën.

Het Beleid Geavanceerde Onderwijsleermiddelen (ACGOLM) draagt zorg voor optimaal gebruik van GOLMen voor het toepassingsgebied *Opleiding & Training* in de KL. Dit geschiedt door het volgen van ontwikkelingen, toetsing hiervan op de bruikbaarheid voor de KL, bezien op mogelijkheden voor standaardisatie en interoperabiliteit en implementatie van GOLMen door integratie in materieelprojecten of formulering van zelfstandige behoeftstellingen. De verdere proliferatie van M&S-middelen voor O&T zal alleen beheersbaar blijven bij snelle invoering van standaardisatie en familievorming. De KL heeft behoefte aan ondersteuning daarbij en aan verdere ontwikkeling van GOLM-visie en -beleid. Bij dit laatste wordt o.a. gedacht aan doorontwikkeling van (krijgsmachtbrede) instrumenten voor specificatie en kwaliteitszorg van GOLM-applicaties. Daarnaast heeft de KL belang bij de ontwikkeling van richtlijnen en instrumenten voor scenario-ontwikkeling, effectmeting en evaluatie (terugkoppeling) van inzetbaarheid. Gefocussed wordt op de inzet van o.a. M&S voor de integrale tactische opleiding en vorming van officieren. Andere onderwerpen die in de belangstelling staan zijn: het bewerkstelligen van renderende simulaties op basis van menselijke gedragsmodellering; van kosteneffectieve en didactisch-pedagogisch verantwoorde inzet van M&S; gebruik van simulatie-hulpmiddelen t.b.v. optreden in verstedelijkt gebied; certificering van M&S applicaties; automatische ondersteuning van instructeurs en observer/trainers en gedragsmodellering ten behoeve van PC gaming; en automatisering van tactical decision games (TDG's). Voor veel van deze O&T onderwerpen bestaat overigens krijgsmachtbrede behoefte aan ondersteuning.

Tijdens de voorbereiding van uitzendingen (*Operationele Ondersteuning*) worden simulatoren gekoppeld aan commandosystemen, worden uitzendgebieden gemodelleerd zodat militairen (grond, lucht) daar vertrouwd kunnen raken en verkennings-, ontplooiings- en vliegplannen kunnen worden opgesteld (mission rehearsal). Ook vlak voor operaties kunnen door middel van gevechtssimulaties tactieken worden geanalyseerd, en keuzes worden gemaakt voor het in te zetten materieel. Logistieke operaties kunnen worden geoptimaliseerd via logistieke modellen. Veel van de voor beleidsontwikkeling en materieelverwerving ontwikkelde constructieve simulaties kunnen hier worden gebruikt. Voorwaarde is dat de M&S-middelen gebruiksvriendelijk zijn (invoering scenario's), en dat terreingegevens snel beschikbaar zijn. Op langere termijn zullen ook virtuele simulaties kunnen worden ingezet.

KLu:

Bij de KLu bestaat er een groeiende belangstelling voor M&S. Echter, door onzekerheid op dat gebied is het moeilijk vast te stellen welke zaken prioriteit behoeven, en welke zaken zich als gevolg hiervan mogen verheugen in extra geldelijke ondersteuning. In het traject "vervanging F-16" zullen veel naastgelegen systemen een impuls krijgen. Ook bestaat belangstelling voor operatiën bij nacht en gecombineerd optreden van helikopters, (een nieuwe generatie)

jachtvliegtuigen, onbemande luchtvoertuigen en missiles. Wij verwachten dat zowel bij de (operationele) bedrijfsvoering, de materieelverwerving en bij opleiding en training er de komende jaren een intensivering zal plaatsvinden op het gebied van M&S (DO beleid M&S, 2001). Op het gebied van O&T bestaat belangstelling voor:

- verdere ontwikkeling van JPOW in samenwerking met KL en KM, en het verbeteren van de kwaliteit van tactische trainingen (scenario-based training)
- herzien van opleidingen zoals de Stinger opleiding en andere opleidingen met full mission- en procedure trainers;
- (kennis)ontwikkeling van low-cost vliegsimulatoren en UAV-trainingssimulatoren
- training vliegerfunctioneren.

KM:

M&S wordt bij de KM steeds meer ingezet ten behoeve van *Opleiding en Training* van het operationele personeel. Hierbij wordt veelal gebruik gemaakt van commerciële systemen. In het kader van het KM-N programma wordt onderzoek gedaan naar geoefendheid door middel van scenario gestuurde (team)training. Daarnaast is het programma KM-O relevant voor kwalificatie van toekomstige bemanningen. Kansen voor toepassing van M&S dienen zich aan bij de ontwikkeling van de Land Attack Corvette (2010) en de introductie van de NH-90 (2007), een mogelijke samenwerking met ANTAC (training), het Marinebedrijf (simulator modellen) en de verdere ontwikkeling van Combat Management Systems, in het bijzonder de scenariogeneratie en de test-bed ontwikkeling voor toetsing van de mens/technologie integratie. Afstemming met het FEL en het PML is noodzakelijk, en daarnaast ook met CZMNED (ANTAC, CAMS, marinebedrijf), DMKM (martech, wcs), DPKM (KM-N, cocotof), MARSTAF (obs).

In september 2003 is de programmacontour 'Cognitieve modellen – "Next Step" in Rendementsverbetering van simulaties' ingediend. Doel is de kracht van trainingsimulaties te verbeteren, en om de inzet van hoogwaardig personeel beperkt te houden.

Een andere toepassing van M&S voor de KM betreft *Materieelverwervingsprojecten* (DMP-C en verder) en aan de fase daaraan voorafgaand (DMP-A/B). Op de korte termijn is ondersteuning noodzakelijk voor bewaking van de operationele gereedheid van het LCF dat de komende jaren veel aandacht zal opeisen. Dit betreft met name de aspecten die hierboven worden genoemd. Daarnaast vergen ook andere marine projecten zoals PAM, CUP Orion, CUP Walrus, NH90 etc. ondersteuning die in vele gevallen M&S kunnen gebruiken. Samenwerking met het MARIN en tussen (TNO)instituten is hierbij belangrijk.

Bij het onderzoek naar onder andere *mens-machine concepten voor beeld- en besluitvorming* baseert men zich sterk op intuïtieve aannames over menselijk gedrag. Daarom wordt ernaar gestreefd om gedrag in relatie tot deels te automatiseren beeld-, besluitvormings en teamconcepten te modelleren. Bij de acquisitie van maritieme middelen dient bij het DO en de KM een beter inzicht ontwikkeld te worden naar de mogelijkheden en noodzakelijke structuren/werkwijzen om gedragsmodellen efficiënter en effectiever in het gehele proces te kunnen benutten.

Met betrekking tot *Beleidsondersteuning* betreft het met name de inzet van M&S t.b.v. de operationele behoeftestelling van de functionaliteit (Sensoren, Wapens, Commandovoering,

Survivability, etc.) van nieuwe platformen (schepen, onderzeeboten vliegtuigen etc.) en hun rollen in taakgroepen. Daarnaast betreft dit ook vooral analyses van nieuwe operationele concepten, bijv. in het kader van crisisbeheersingsoperaties, expeditieoperaties, NCO etc. In verband met reducering van de operationele kosten zal ook veel aandacht worden besteed aan Life Cycle Management (LCM), bemanningsreducties, nieuwe commandovoerings-concepten en automatisering. Omdat de KM zelfschepend is en hoge eisen stelt aan haar schepen wordt steeds meer beroep gedaan op expert kennis van TNO die is (en zal worden) samengebracht in laag, midden en hoog niveau modellen en simulaties. Het is voor de toekomst belangrijk ervoor te zorgen dat ontwikkelde modellen en simulaties ook daadwerkelijk worden ingezet in het traject van behoeftstelling en aanschaf van te ontwikkelen platformen en systemen.

CO:

De CO ziet met name veel belang in M&S op het gebied van *Beleidsontwikkeling*.

- Directoraat Generaal Personeel (DGP): personeelsproblematiek, werving en selectie. Modelleren van personeelsplanning op langere termijn (instroom/doorstroom/uitstroom).
- Directoraat Generaal Economie en Financiën (DG E&F): modellering van organisatie inrichting en bedrijfsvoering. Modelleren van investeringstrajecten voor het inzichtelijk maken van consequenties van uitstellen c.q. verspoedigen van investeringen. Aansturen van telematica organisatie en consequenties van COTS gebaseerd aanschafbeleid, inzicht in kosten van operatiën. Kosteneffectiviteitsmodellen: effecten van nieuwe wapensystemen of verandering in training/organisatie op kosten en gevechtskracht.
- Defensiestaf (DS): ondersteuning van Defensie CrisisBeheersingsCentrum (DCBC) met modellen waarmee inzichten worden verkregen in crises, inzet van lethale en niet-lethale wapens, ballistic missile defense, evaluatie van inzet/Lessons Learned, risico-inschatting, gereedheidsmodellering.
- Defensie Interservice Commando (DICO): het modelleren van vervoersstromen, vestigingskeuze, vervoers- en verplaatsingsoperaties, bevoorrading van logistieke eenheden.

4 GEDRAGSMODELLEN: ONDERZOEK EN TOEPASSINGEN

4.1 Ontwikkelingen internationaal

Een natuurgetrouwe nabootsing van objecten en processen staat doorgaans hoog op het lijstje van simulatieontwikkelaars. Het bereiken van natuurgetrouwheid vereist ten eerste een goed begrip van de werkelijkheid die moet worden nagebootst, en ten tweede de beschikking over de technologie waarmee dit begrip kan worden omgezet in computermodellen voor de aansturing van de simulatie. De wetenschap van de fysica is zo vergevorderd dat beperkingen in de nabootsing van platformen en omgevingen hoofdzakelijk technologisch van aard is (Chandrasekaran & Josephson, 1999).

Het simuleren van menselijk gedrag is gecompliceerder. Met onze kennis van ‘elementaire’ menselijke processen, zoals (visuele) waarneming en fysiek presteren, zijn we in staat modellen te construeren die redelijk natuurgetrouw en valide gedrag genereren. Dit is niet het geval voor cognitief gedrag. De wetenschappelijke inzichten in de processen die zich voltrekken bij het

beoordelen van situaties en het nemen van beslissingen missen precisie en volledigheid. De ontwikkeling van generieke modellen die natuurgetrouw en valide cognitief gedrag kunnen genereren in een breed spectrum van situaties en omstandigheden zijn daarom tot op heden niet succesvol. Nog moeilijker is het modelleren van groepsgedrag; zelfs in hoog-gestructureerde groepen zoals bij de krijgsmacht.

Toch heerst het besef dat met de zich immer uitbreidende toepassingsmogelijkheden van simulaties, de behoefte aan accurate representaties van het gedrag van individuen en groepen steeds dringender wordt (Pew & Mavor, 1999; Smith, 2000). Zowel voor training als voor beslissingsondersteuning is het belangrijk dat een model realistisch beslisgedrag genereert en dat de communicatie hiermee correspondeert. Modellen van teams moeten gedrag genereren dat in overeenstemming is met het toegekende niveau van autonomie, en moet in staat zijn om zelfstandig opdrachten om te zetten in logische acties. De Defense Modelling and Simulation Office (DMSO) stelde een werkgroep in om na te gaan wat er nodig is om op realistische wijze mensgedrag in militaire simulaties in te bouwen. Op basis van een reeks studies concludeerde de werkgroep dat gedragsmodellen in simulaties gebaseerd moeten zijn op theorieën uit de psychologie, organisatieleer en de sociologie (Pew & Mavor, 1999). Het modelleren van gedrag van individuen en groepen moet gebaseerd zijn op wetenschappelijke kennis van aandacht, perceptie, geheugen, leren, situationeel bewustzijn, besluitvorming en planning. Ook moet kennis van gedragsbeïnvloeders (*moderators*), zoals bijvoorbeeld werklast, getraindheid, vermoeidheid (emotionele) stress worden toegepast. Verder is de werkgroep van oordeel dat met de huidige stand van kennis en technologie het niet mogelijk is om met één geïntegreerd model of model-architectuur alle onderscheiden toepassingsbehoeften van simulaties te kunnen bereiken. Om te komen tot succesvolle toepassing van gedragsmodellen bepleit het werkverband een raamwerk bestaande uit doelen voor de korte-, de middellange-, en de lange termijn. Op de korte termijn is er behoefte aan het verzamelen van veld-, simulatie- en laboratoriumdata voor de ontwikkeling van nieuwe modellen en voor de validatie van bestaande gedragsmodellen. Op de middellange termijn is het belangrijk om de reikwijdte van modellen te vergroten (voorspellingen voor verschillende toepassingen), onder meer door gedragsmodellen en simulaties met elkaar te verbinden. Op de lange termijn, tenslotte, is het belangrijk dat theorie-ontwikkeling en gedragsonderzoek leidt tot nieuwe generaties van gedrags- en organisatie modellen.

Simulaties worden steeds vaker ingezet voor verschillende vraagstukken, zoals voor systeemontwerp en -analyse, training, taakondersteuning, missierehearsal en doctrine-ontwikkeling. Voor de aansturing van het gedrag van individuen en teams zijn valide cognitieve modellen noodzakelijk. De vraag wat valide is wordt primair bepaald door de doelstelling van de simulatie. Doctrine-ontwikkeling bijvoorbeeld vereist dat het gedrag van de agents, of 'computer generated forces' operationeel valide is. Dat betekent dat niet alleen alle relevante factoren van invloed bekend moeten zijn, maar dat ook de impact ervan op het operationeel optreden in kwantitatieve zin bekend moeten zijn. In veel gevallen ontbreekt de kennis om daarover uitspraken te kunnen doen. De kwestie wordt nog ingewikkeld als we ons realiseren dat de impact van veel factoren niet onafhankelijk is, maar medebepaald worden door de waarde op andere factoren (bijv. de invloed van vermoeidheid op taakprestatie is in het algemeen negatief. De effecten kunnen echter beperkt zijn als de motivatie (moreel) hoog is).

Voor de toepassing van gedragsmodellen in trainings simulaties is operationele validiteit (meestal) niet nodig. De functie van het model is gedrag te genereren dat de gebruiker (=trainee) in staat stelt een leerdoel te halen. Als het leerdoel is dat de trainee alert is op eventuele fouten van teamleden, dan moet het model representatief gedrag genereren dat de gebruiker daartoe in staat stelt. Chandrasekaran en Josephson (1999) stellen zich op het standpunt dat de ontwikkeling van gedragsmodellen afgestemd moet worden op de vraagstelling of toepassing. De ontwikkeling van mensmodellen is een complexe taak die kostbaar is in termen van inspanning en tijd. Het is dus zaak om modellen zo zuinig mogelijk te ontwikkelen: modellen die precies doen waar ze voor gemaakt zijn, niet meer en niet minder (Pew & Mavor, 1999).

In hun overzicht bespreken Pew & Mavor (1999) de ontwikkeling en toepassing van gedragsmodellen voor militaire toepassingen. Zij onderscheiden verschillende eisen waaraan een effectief gedragsmodel moet voldoen. Ten eerste moet de model-architectuur corresponderen met theorieën over menselijke informatieverwerking, zoals aandacht, waarneming, geheugen, leren, beslissen, etc. ACT-R, SOAR, EPIC, COGNET zijn voorbeelden van architecturen die aan die eis voldoen. Ten tweede moet het gedragsmodel verbonden zijn met andere agents ('echte' of gemodelleerde mensen), met taken, en met middelen. Ten derde —de auteurs benadrukken deze eis—moeten gedragsmodellen situatie-specifiek zijn. De taken en situaties waarmee militaire zich geconfronteerd zien zijn complex en vaak zeer specifiek. Effectieve modellen bevatten representaties van kennis en gedrag die zijn afgestemd op de eisen waarvoor het model wordt ingezet.

Bij de US DoD worden gedragsmodellen in simulaties al voor verschillende toepassingen gebruikt. Pew & Mavor (1999) geven het volgende overzicht:

Tabel 3 Overzicht van gedragsmodellen in gebruik bij de US-DoD (Pew & Mavor, 1999, p.39).

TABLE 2.2 Key Military Models and Simulations

Model/ Simulation	Training		Analysis			Interoperability
	Individual/ Leader	Joint and Combined	Research, Development, Acquisition	Advanced Concepts	Doctrine Development	
ARMY						
CAST-FOREM	X		X	X		
CBS	X	X			X	
CCTT SAF*	X				X	
CSSTSS	X			X	X	
EADSIM		X		X		
Eagle		X		X		X
JANUS	X		X		X	
ModSAF*	X	X				
RWA-Soar*	X					
VIC			X	X	X	
WARSIM						
NAVY AND MARINE CORPS						
MCSF*	X					
MTWS	X					
NSS	X		X	X	X	
SUTT*	X				X	
AIR FORCE						
AASPEM	X		X		X	
FWA-Soar*	X					
TAC-BRAWLER	X					
JOINT SERVICE						
CFOR*	X	X				
JCATS	X	X			X	
JCM	X	X				X
JTLS	X	X				
JWARS		X		X	X	X
STOW	X	X				

*Indicates those models and simulations used for human behavior representation.

Op basis van hun review stelt het werkverband dat er binnen de militaire organisatie voor veel toepassingen behoefte is aan geschikte gedragsmodellen, maar dat de modellen die er nu voor worden gebruikt niet geschikt zijn. Er zijn ook veel toepassingen waarbij duidelijk is dat geschikte gedragsmodellen kunnen bijdragen, maar waarvoor tot op heden geen modellen zijn ontwikkeld. Succesvolle ontwikkeling van zulke modellen vereist investeringen in de conceptuele en technologische kennis voor modelontwikkeling in het algemeen, en van de ontwikkeling van gedragsmodellen voor concrete toepassingen (Pew & Mavor, 1999, p.329).

4.2 Lopende projecten binnen TNO Technische Menskunde

De onderstaande lijst bevat de lopende projecten binnen TNO Technische Menskunde waarin aan gedragsmodellen wordt gewerkt.

- *Model soldaat* (b, Mod&Sim, PC/TO samen met PML)
Toepassingsgebied: materieelverwerving en O&T
Domein: KL, uitgestegen soldaat
Aggregatieniveau: individu en team
Beschrijving: het combineren van bestaande kennis op de gebieden van militaire simulatie en van menselijk gedrag (individueel, groep), infanteriesimulatie, wapeninzetsimulatie om te komen tot een realistische en praktisch bruikbare representatie van menselijk gedrag.
- *HF in IUSS* (a2, SMP, PC samen met PML en FEL)
Toepassingsgebied: materieelverwerving
Domein: KL, uitgestegen soldaat
Aggregatieniveau: individu en groep

Beschrijving: het toevoegen van cognitief gedrag (situatiebeoordeling, intelligent beslissen) in een nieuwe versie van IUSS ter verhoging van de operationele validiteit van simulaties. De huidige versie van IUSS wordt gebruikt voor onderzoek naar optreden met nieuw materieel, waarin vooral fysieke variabelen van menselijk gedrag worden gemodelleerd.

- *HPM algorithmen* (a1, PC, met inzet van anderen)

Toepassingsgebied: materieelverwerving
 Domein: KL, manoeuvre met accent op uitgestegen personeel
 Aggregatieniveau: individu en groep
 Beschrijving: analyse van prioriteiten bij het vernieuwen van IUSS voor ambush en patrol scenario's, vinden van kwantitatieve beschrijvingen die door de US partner (Natick Soldier Center (NSC)) kunnen worden ingebracht, verkrijgen versie 5 van IUSS
- *SCOPE* (soldier capability optimization for projected efficacy, NITP samen met UK en N)

Toepassingsgebied: materieelverwerving / (beleidsontwikkeling)
 Domein: KL, vredesoperaties en asymmetrisch gevecht
 Aggregatieniveau: cie
 Beschrijving: top-down model om de invloed van uitrusting en paraatheid op gevechtskracht te schatten, rekening houdend met gedragseffecten. De structuur wordt bepaald door de capabilities van de soldaat: lethality, mobility, survivability, sustainability en C4I.
- *Reductie fysieke belasting* (a2, SMP, PC)

Toepassingsgebied: materieelverwerving
 Domein: KL, gevechtssoldaat
 Aggregatieniveau: individu
 Beschrijving: Experiment om de survivability van de soldaat te kwantificeren in zijn samenhang met de andere capabilities (zie SCOPE). Hierbij gaat het vooral om de geschikte measures of effectiveness.
- *Afweging prestatie en bescherming* (b, PGU)

Toepassingsgebied: materieelverwerving
 Domein: KL, infanterie kleding en uitrusting
 Aggregatieniveau: individu
 Beschrijving: detailstudie naar de effecten van bescherming op optreden.
- *Menselijke gedragsmodellering* (a1, TO)

Toepassingsgebied: O&T
 Domein: tactische commandovoering, waarschijnlijk KM
 Aggregatieniveau: individu/team
 Beschrijving: Simulatie-training in commandovoering verloopt vaak niet doelmatig doordat teamleden, eigen eenheden en vijandelijke eenheden niet gesimuleerd zijn, maar door (soms onervaren) rollenspelers gespeeld worden. Onderzoek naar de inzet van gedragsmodellen in de vorm van 'cognitive agents' die de effectiviteit en efficiëntie van tactische simulatietraining kan verbeteren.
- *Modellering LVO* (b, TO)

Toepassingsgebied: O&T
 Domein: KM, commandocentrale
 Aggregatieniveau: individu/systeem
 Beschrijving: Ontwikkeling cognitief model LVO als 'cognitive agent' voor onderzoek naar optimalisatie simulatie-gebaseerde teamtraining.

- *Gesimuleerde Teamleden* (a2, TO)
Toepassingsgebied: O&T
Domein: KM, commandocentrale en Joint, gevechtsleidingscentrum
Aggregatieniveau: team/groep
Beschrijving: Ontwikkeling cognitive agents als confederate voor effectieve teamtraining.
- *Virtuele Rij-instructeur* (a2, co-fin. TO samen met ST-Software en VVCR-VR)
Toepassingsgebied: O&T
Domein: Civiel, autorijden
Aggregatieniveau: individu/systeem
Beschrijving: ontwikkeling van een Virtuele Rijinstructeur Module die draait bovenop het Intelligente Verkeersmodel, zodat de rijnsimulator autonoom les kan geven.

4.3 Clustering en koppeling van modellen

Bij het clusteren van activiteiten dient uitgegaan te worden van koppelbaarheid van kennis en van de modellen zelf. Het is daarom van belang dat projecten met eenzelfde toepassingsgebied, domein en aggregatieniveau zoveel mogelijk geïntegreerd worden aangepakt. Dit levert de twee volgende clusters op:

Cluster 1: bullet 1-6 focus op materieelverwerving bij de KL t.b.v. de soldaat in het gevecht.

Cluster 2: bullet 7-10 focus geheel op intelligente agents (CGF, teamleden, virtuele instructeur) voor O&T, grotendeels gericht op commandovoering waarbij cognitieve vaardigheden en communicatie tussen gebruikers en agents een belangrijke rol speelt.

Bij TNO Technische Menskunde wordt bij verschillende afdelingen onderzoek gedaan naar of met modellen van mensgedrag. De functionele eisen die aan de modellen worden gesteld zijn afhankelijk van de toepassing waarvoor het model is ontwikkeld. Bijvoorbeeld: een mensmodel voor het beantwoorden van een organisatievraagstuk stelt andere eisen dan een mensmodel dat ingezet wordt voor training; en een model voor training van teams stelt andere eisen dan een gedragsmodel voor training van individuen.

Het bovenstaande betekent dat in de afstemming inzake tussen de verschillende onderzoeksgroepen van ons instituut (De Graaf, 2002) onderscheid moet worden gemaakt tussen enerzijds inhoudelijke kennisopbouw, en anderzijds methodologische en technologische kennisopbouw. Inhoudelijk kan nieuw onderzoek naar toepassing van gedragsmodellen het best worden gebaseerd op een clustering zoals hierboven weergegeven. Samenwerking op methodologisch en technologisch is wel uitermate nuttig. Modellen hebben vaak een gemeenschappelijke technologische structuur. In veel gevallen zal het mogelijk zijn om dezelfde methoden en tools te gebruiken voor implementatie van modellen. Ook het onderzoek naar de bruikbaarheid van gedragsmodellen kan geschieden in een gemeenschappelijke simulatie-omgeving.

5 MIDDELEN

In het vorige hoofdstuk is aangegeven welke onderzoekstoepassingen met behulp van gedragsmodellering worden behaald of nagestreefd. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven welke gedragsmodellen gebruikt worden, of in ontwikkeling zijn.

5.1 Inventarisatie huidige modellen binnen TNO Technische Menskunde

TNO Technische Menskunde beschikt over gedragsmodellen die sterk uiteenlopen in stadia van gevorderdheid (vanuit M&S perspectief). Hieronder de lijst met TNO Technische Menskunde-modellen. Bijlage A geeft, per model, een uitgebreidere beschrijving.

Achter de naam van het model staat tussen haakjes een getal (1-5) als indicatie van de mate van gevorderdheid ervan voor toepassing in simulaties:

- 1 = Conceptueel en voornamelijk kwalitatief
- 2 = Conceptueel en kwantitatief uitgewerkt
- 3 = Geïmplementerd in software
- 4 = Onderdeel van een niet-gevalideerde simulatie
- 5 = Onderdeel van een gevalideerde simulatie

Hoge aggregaat modellen

Tactical decision aid (H. Daanen) (1)

Team/groeps modellen

Evacuatiemodel (L. Boer) (2)

IUSS, Integrated Unit Simulation System (5)

Teamstress model (1)

Verkeer op netwerk niveau MIXIC (4/5)

HUNTER, Humans in a Natural Task Environment Representation (1)

Team info processing (4)

Leren Command Control Team, "Ghost" (1)

(Deel) systeem modellen

Mensmodellen Safeworks, BHMS, Ramsis, Jack (2/3)

Intelligent verkeersmodel low cost rijsimulator (5)

Virtuele Rij-Instructeur (4)²

Prospect Theory Model (1)

(Psycho)fysische modellen

Ruimtelijke oriëntatie model ROM (4)

Bewegingsziekte model MSI (4)

Richting afstand horen (2)

TDA schaal met thermomodellen (2)

² Is in ontwikkeling, eind 2002 software ingebouwd in een simulatie.

Spraak-verstaanbaarheid Speech Transmission Index, STI (2)
 Body Cooling Model (2)
 Dynamisch thermische belastingsmodel THDyn (2)
 Doelaquisitiemodel VISDET (2)
 CAMELEON (2)
 ETAR97 en TARAC (2)
 Inspanning op bewegende platforms MIF Motion Induced Fatigue (2)
 Model voor bewegingszien bij eigen beweging (2)

Ongeveer een kwart van de mensmodellen bij TNO Technische Menskunde zijn zover ontwikkeld zijn dat ze werkelijk in simulaties of simulatoren toe te passen zijn. Veelal is dat nooit het oogmerk van de ontwikkelaars geweest. Je kunt immers ook modelleren om kennis te formaliseren en deze daarmee beter toetsbaar en toepasbaar te maken.

De indeling van modellen in de vier categorieën van aggregatie is een simplificatie. Bij *MIXIC* zijn de invoer parameters individueel (plaats op de weg, snelheid) en is de uitvoer collectief (doorstroming, verkeersveiligheid). Andere modellen, zoals het *Intelligente Verkeersmodel* en *IUSS* bevatten vele simultaan opererende gelijksoortige individuele entiteiten die op elkaar reageren, en die dus groepsgedrag (kunnen) gaan vertonen (bijv. filevorming). Soms kunnen bij dit soort modellen, naast individuele, ook aggregaat-variabelen worden ingevoerd (verkeersdrukte). We zien dus dat sommige modellen over niveaus heen lopen. We noemen dit “*emergentie-modellen*”, i.e. modellen met emergente variabelen die voortkomen uit de combinatie van eenvoudige kenmerken op een lager aggregatieniveau.

Het spreekt voor zich dat de modellen die reductieniveaus overbruggen iets extra's bieden, en dus meerwaarde hebben, boven modellen die beperkt zijn tot een bepaald reductieniveau. Anderzijds dienen we ons, conform het gestelde in sectie 4.2, te realiseren dat het construeren van hogere aggregaatmodellen vanuit psychofysische modellen een utopie is.

5.2 Inventarisatie buiten TNO Technische Menskunde

Er zijn in het laatste jaar goede contacten opgebouwd en er zijn op verschillende afdelingen initiatieven genomen om gedragsmodel-ondersteunde simulaties te ontwikkelen in samenwerking met (buitenlandse) partners (bijv. ST Software, DSTO, Natick Soldier Centre en hun softwarecontractor SDI, US Air Force Research Laboratory en hun softwarecontractor 21st Century).

Dat is van groot belang omdat het volledig zelf ontwikkelen van commercieel toepasbare gedragsmodellen niet de doelstelling van TNO Technische Menskunde is. Het is wel mogelijk om kennis van gedrag zo aan te leveren (in het kader van samenwerking, of als resultaat van een opdracht) dat gespecialiseerde softwarebedrijven dit in de vorm van algoritmen kunnen inbouwen in hun gedragsmodellen en simulatiepakketten. De voorwaarde tot het gebruiksrecht van de software ligt in zulke gevallen voor de hand.

6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

6.1 Uitgangspunten

Er lopen momenteel diverse initiatieven op HBM gebied, die dringend bij elkaar moeten komen. In deze initiatieven wordt op een of andere wijze gebruik gemaakt van constructieve simulaties of wordt gebruik gemaakt van gedragsmodellen, maar de problematiek wordt niet systematisch onderzocht, getoetst en onderbouwd. Deze notitie beoogt enige orde en visie op dit gebied aan te brengen. Daarbij refereren we opnieuw naar sectie 1.2, de motivatie van deze studie, i.e.:

- Integraal problemen oplossen
- Aansluiten bij anderen
- Effectieve exploitatie van kennis
- Synergie
- Gezamenlijke infrastructuur
- Kwaliteit.

Echter, onderkend moet worden dat aansluiting, synergie en koppeling niet altijd haalbaar of zinvol is. Op dit moment worden bij TNO Technische Menskunde gedragsmodellen primair voor de eigen toepassing gebruikt. Kennis blijft versnipperd en wordt niet systematisch ontwikkeld en beheerd. Er is geen sprake van een visie en een overkoepelende systematiek waarmee de kennis over gedragsmodellering, die voor de verschillende krijgsmachtdelen, disciplines en toepassingsgebieden wordt ontwikkeld, wordt gecombineerd, geconsolideerd en naar andere simulatiedoelstellingen wordt vertaald en toegepast. Om dit in de toekomst te realiseren worden de volgende leidende principes gehanteerd:

- De projecten dienen een concrete bijdrage te leveren aan de (verdere) ontwikkeling van menselijke gedragsmodellen voor een marktrelevant toepassingsgebied;
- Verkennend onderzoek op hetzelfde toepassingsgebied, domein en/of aggregaatsniveau moet niet geïsoleerd plaatsvinden (zie §4.3, klustering);
- Koppeling van onderzoek gericht op model-ontwikkeling voor duidelijk verschillende toepassingsgebieden en domeinen is vooralsnog niet zinvol;
- Relevante competenties binnen TNO Technische Menskunde worden maximaal gebruikt;
- Gebruik van programma's en talen wordt ontwikkeld, zoveel mogelijk t.b.v. het algemeen en er moet, analoog aan de internationale ontwikkelingen (en bij de krijgsmacht), worden gestreefd naar familievorming (standaardisatie, koppelbaarheid, hergebruik);
- Er moet een netwerk opgebouwd en gedeeld worden (defensie, partners, internationale samenwerking);
- We streven niet naar volledige en integrale mensmodellen van menselijk gedrag (een 'model mens');
- Wij richten ons op de ontwikkeling van gedragsmodellen voor toepassingen waarin deze haalbaar zijn (in ontwikkeling), onze human factor kennis nuttig is en het model voor het toepassingsgebied waarde heeft.

Het ligt niet voor de hand het onderzoek over alle toepassingsgebieden en aggregatieniveaus volledig te integreren. Dit uitgangspunt is compatibel met de voorgestelde klustering in sectie 4.2. Cluster 2 heeft betrekking op O&T, terwijl het eerste cluster gericht is op materieelontwik-

keling. Wat de aggregatieniveaus betreft (sectie 2.3) is het soms goed om aggregaat modellen (deels) op te bouwen uit gevalideerde deelmodellen. Meestal is het efficiënter modellen niet op deze wijze op te bouwen. Het is een utopie om te verwachten dat hogere aggregatiemodellen (slagveld) uiteindelijk kunnen worden opgebouwd vanuit elementaire discipline-georiënteerde (psycho)fysische modellen. Een meer pragmatische benadering is modelvorming vanuit specifieke (kennis)behoeften van de klant, natuurlijk met gebruikmaking van onze meer fundamentele kennis omtrent deelprocessen.

6.2 Positionering ten opzichte van de markt

Het gaat de militaire klant altijd om *integrale* verrichtingen, liefst geordend volgens de militaire organisatievorm en dus niet naar TNO competentie. Bovengenoemde redenen zijn voor defensie de voornaamste redenen om prestatie in een model onder te brengen. Dat heeft voor hem betekenis in het licht van zijn organisatie en manier van optreden. Die stap maakten we nooit echt vanwege het dilemma van experimenteel onderzoek: hoe meer het onderzoek zich in de praktijk afspeelt, hoe meer extern-valide het is, maar tevens hoe minder betrouwbaar de resultaten zijn. De uitdaging is nu om de praktijk, zoals gerepresenteerd in scenario's en regels, te combineren met generieke en betrouwbare HF kennis. Deze verbreding brengt ons dichterbij de klant.

6.3 Mogelijke toekomstige projecten

Hieronder passeren vier mogelijke onderwerpen de revue. Wij stellen voor met de twee laatstgenoemde onderwerpen verder te gaan. Daarnaast stellen we een globaal onderwerp voor dat naar onze mening aandacht verdient en als ambitie voor de toekomst meegenomen zou moeten worden.

- Een belangrijk militair interessegebied vormen de **werkruimten van de KM**, waarbij het opzwellen en inkrimpen van de werklust de kern vormt. Dit vertaalt zich in *manning*, interfaces, cognitie en ruimte-inrichting. Ook hier is materieelontwikkeling het toepassingsgebied van de menselijke gedragsmodellering. Volgens de huidige aanpak binnen TNO Technische Menskunde richt de modelvorming zich primair op specifieke systeem-ontwerp doelstellingen.
- Een ander belangrijk aandachtsgebied is **verificatie, validatie en accreditatie (VV&A)**. Validatie is, met name bij hogere-orde modellen, niet eenvoudig. Omdat het verzamelen van veld-gegevens een moeilijke klus is dient gebruik te worden gemaakt van bestaande (veelal incomplete) gegevens of van expert-oordelen. Internationale samenwerking, zodat over meer gegevens beschikt kan worden, kan voordelen hebben. VV&A van menselijke gedragsmodellen lijkt meer iets voor de lange termijn. Op dit moment ontbreekt het nog aan goede methoden en standaarden op dit gebied. In 2003 wordt binnen het programma V038 (Modellering en Simulatie) een Thalesproject gestart waar TNO Technische Menskunde samen met TNO-FEL aan deelnemen. Mede hierom is het beter eerst te focussen op de ontwikkeling van werkende simulaties die demonstabel zijn en die voor onderzoeksdoel-einden kunnen worden ingezet.

- Onderzoek naar toepassingen op het gebied van menselijke gedragsmodellering vereist verschillende expertises. Samenstelling van interdisciplinaire teams is daarom een vereiste (Pew & Mavor, 1999, p.322). Voor het ontwikkelen van een **model van het gedrag van een uitgestegen soldaat** bijvoorbeeld, zijn psychologen en informatici nodig. Maar ook deskundigen in de militaire doctrine en procedures zijn nodig. Als het gaat om modellen van hogere militaire niveaus (bijv. commandanten van staven), dan is ook kennis van commandostruc-tuur van belang.
- De multi-disciplinaire benadering wordt nu toegepast op het domein van uitgestegen infanterie, met gebruikmaking van IUSS. In dit simulatie-pakket worden de volgende aspecten van menselijk gedrag gemodelleerd: doelacquisitie, fysieke belasting, communi-catie, bescherming en wapenuitwerking. In de β -release die binnenkort beschikbaar komt (IUSS versie 5), is het mogelijk om ook het cognitieve gedrag van de uitgestegen soldaat (situatiebeoordeling, intelligent beslissen) te modelleren. Het doel van deze uitbreiding is in de eerste plaats om de operationele validiteit van de simulaties te verhogen, zodat uitspraken over de kwaliteit van optreden met nieuw materieel verbetert. In de tweede plaats ontsluit het modelleren van cognitief gedrag andere toepassingsmogelijkheden van IUSS, zoals bijvoorbeeld training en mission rehearsal.
- Het huidige IUSS simulatieprogramma (versie 4) is ontworpen voor het toepassingsgebied *materieelontwikkeling*. In het KL-programma “uitgestegen soldaat” vindt onderzoek plaats naar optreden met nieuw materieel in het domein van uitgestegen infanterie door middel van gedragsmodel-gestuurde simulaties. Dit voldoet, evenals de eerder genoemde andere mate-rieel-ontwikkelingsprojecten, aan de eerder genoemde criteria en de problemen die specifiek te maken hebben met het ontwikkelen, verbeteren en daadwerkelijk implementeren en gebruiken van gedragsmodellen. In versie 5 die nu in ontwikkeling is (beta-versie is op TNO Technische Menskunde) wordt beoogd om door modellering van cognitief gedrag (situatie-beoordeling en besluitvorming) de validiteit van simulaties te verhogen en andere toepas-singsmogelijkheden te ontsluiten (bijv. training). Het ontbreekt momenteel nog aan de benodigde kennis van om die modellen te ontwikkelen en succesvol te implementeren in het domein van de uitgestegen soldaat. Op verschillende fronten wordt binnen TNO gepoogd om in overkoepelend verband de resultaten van deelprojecten (zie Cluster 1) te integreren.
- Bij O&T zit het belang vooral in effectiviteit en efficiëntie: sneller, beter, veiliger en tegen lagere kosten. Simulatietraining in tactische vaardigheden verloopt vaak niet effectief en efficiënt. Teamleden van de trainee worden veelal gespeeld door mensen die zelf die functie niet vervullen en daardoor ongewenst of niet-representatief gedrag vertonen (ineffectief). Verder zijn voor training van een individu vaak veel mensen nodig, zoals voor het spelen van bluefor, opfor en teamleden (inefficiënt). **De inzet van mensmodellen in tactische simulatie-training** kan die situatie verbeteren. Eén van de belangrijke uitdagingen voor de toekomst is om de kracht van trainingsimulaties te verbeteren, en om de inzet van hoog-waardig personeel beperkt te houden. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan het terug-brengen van het aantal controllers dat een rol speelt in trainingssimulaties, maar ook kan worden gedacht aan virtuele instructeurs, die een deel van de taken van de menselijke instructeur zou kunnen overnemen, en het tevens mogelijk maakt om onafhankelijk van plaats, tijd, andere medespelers en instructeurs, toch de geoefendheid op peil te houden. Om gedragsmodellen voor deze toepassingen geschikt te maken moet worden onderzocht welke functionele eisen aan de modellen gesteld moeten worden, welke technische eisen er bestaan

voor model-simulatie koppelingen, hoe modellen het best ge-interfaced kunnen worden met gebruikers en omgeving, en hoe dit type modellen effectief en efficiënt kunnen worden ontwikkeld.

- Uitvoering van dit onderzoek vereist een flexibele en generieke simulatieomgeving die het mogelijk maakt onderzoek te doen, concepten uit te testen en demonstraties te verzorgen. Vanwege het grote (internationale) belang dient dit onderwerp voortvarend te worden aangepakt. Aanbevolen wordt een overkoepelend project te starten waarin de resultaten van de deelprojecten (zie Cluster 2) worden gecombineerd, overall-problemen van menselijke gedragsmodellering worden aangepakt en waarin de richting van verder werk wordt bepaald.

Ambitie

Wij doen als instituut weinig tot niets op het gebied van beleid en doctrine ontwikkeling, terwijl dit een belangrijk toepassingsgebied is voor constructieve simulaties (bijv. wargames). Als we in staat zijn onze kennis over individuen, groepen en communicatieprocessen te vertalen naar effecten van variabelen op hogere organisatieniveaus, dan kunnen we op dit gebied waardevol en interessant werk verrichten.

7 PLAN VAN AANPAK

In de militaire en civiele wereld wordt in toenemende mate gebruikt gemaakt van simulaties voor verschillende toepassingen, zoals bijvoorbeeld systeemontwerp, materieelverwerving, training, beslissingsondersteuning, (team)organisatie, werkbelasting. TNO Technische Menskunde heeft veel expertise over hoe simulaties voor deze doeleinden kunnen worden ingezet. De wetenschap en techniek van simuleren heeft in de afgelopen decennia een sterke ontwikkeling doorgemaakt. Inmiddels is de modellering van omgevingen, objecten en processen in die omgeving, en gebruikersinterfaces zo ver gevorderd dat beperkingen in de simulatie ervan hoofdzakelijk technologisch van aard zijn.

De belangrijkste uitdaging om de kwaliteit van bestaande simulaties te verbeteren en om nieuwe toepassingen van simulaties mogelijk te maken, is het adequaat kunnen modelleren van het gedrag van mensen en eenheden (gedragsmodellering).

Uit de inventarisatie in deze notitie wordt duidelijk dat er internationaal, maar ook bij TNO Technische Menskunde, veel onderzoek wordt gedaan naar het modelleren van menselijk gedrag en de toepassing ervan in simulaties. Het is van belang dat we aansluiting houden bij de internationale ontwikkelingen op het gebied van gedragsmodellering, en tegelijkertijd een open oog houden hoe gedragsmodellering het best in dienst kan worden gesteld van de onderzoeksbehoefte van onze klanten. Conform de uitgangspunten geformuleerd in deze notitie wordt voorgesteld om de opbouw van nieuwe kennis (verkenning onderzoek) naar toepassingen van gedragsmodellering te concentreren in twee clusters van onderzoek:

- Onderzoek naar gedragsmodellering ten behoeve van optreden met nieuw materieel in het domein van de uitgestegen soldaat en eenheden.
- Onderzoek naar toepassing van gedragsmodellen als ‘cognitive agents’ voor training in het domein van tactische commandovoering van commandanten van staven.

Er wordt internationaal al veel onderzoek gedaan naar toepassingen van gedragsmodellering (Zweden, UK, VS, Australië, GE). Het is zaak om contacten en samenwerking met actieve partners in de onderzoekswereld te onderhouden, en waar mogelijk te intensiveren.

Uit de verkenning van de markt wordt duidelijk dat er, met name bij defensie, bij alle krijgsmacht delen voor uiteenlopende vraagstukken mogelijkheden liggen om die met behulp van gedragsmodellering in simulaties aan te pakken. Gestreefd moet worden om in de defensieprogramma's onderzoek naar toepassingen van gedragsmodellen onder te brengen, en de mogelijkheden voor defensie zo te concretiseren.

7.1 Projecten en activiteiten

Verkenkend onderzoek

In 2003 is het verkennend onderzoeksproject "human modelling; demonstration of application" gestart. Conform het ingezette beleid tot coördinatie van onderzoeksinspanningen binnen TNO Technische Menskunde (De Graaf, 2002), worden er vanuit verschillende afdelingen bijdragen geleverd. In dit project wordt onderzoek gedaan naar verschillende toepassingsmogelijkheden van mensmodellen in simulaties. PC onderzoekt hoe de kwaliteit van voorspellingen over optreden met nieuw materieel kan worden verbeterd door cognitief gedrag van uitgestegen eenheden in simulaties te integreren. TO onderzoekt hoe de effectiviteit en efficiëntie van tactische training door inzet van mensmodellen kan worden verbeterd. GF onderzoekt hoe de validiteit van constructieve simulaties kan worden verbeterd door kennis over werkbelasting te implementeren.

Kennisopbouw naar de mogelijkheden van gedragsmodellen voor de onderscheiden toepassingen vindt primair plaats binnen de onderzoeksgroepen. De opbouw van methodologische en technologische opbouw van kennis vindt geïntegreerd plaats, waarbij T&B een coördinerende en faciliterende rol vervult.

Er bestaat inhoudelijke en technologische afstemming met het programma "Eff-com". In dat programma wordt onderzoek gedaan naar innovatieve concepten voor commandovoering, die zijn afgestemd op de randvoorwaarden in de toekomst, en waarbij rekening wordt geanticipeerd op technologische ontwikkelingen. In het programma wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een Commandocentrale van de Toekomst die toegesneden is op mobiel opereren, die modulair is opgezet zodat deze kan functioneren op verschillende niveaus van omvang, die compact is ingericht, zodat met een kleine staf een maximaal resultaat kan worden bereikt.

Internationale samenwerking

Internationale samenwerking met prominente organisatie op het gebied van gedragsmodellering worden onderhouden, geïntensiveerd en opgezet:

Met *NavAir* (het voormalige Naval Air Warfare Center - Training Systems Department (NAWC-TSD)) is een langlopende samenwerking. In 2001-2002 hebben twee TNO-TM medewerkers, mw. Dr. A.S. Schaafstal en Dr. J.M.C. Schraagen, daar als gedetacheerden onderzoek verricht naar gedragsmodellen en team training. In verschillende projecten wordt de samenwerking tussen TNO en NavAi thans voortgezet.

TNO Technische Menskunde (PoC Karel van den Bosch) heeft samen met het US Air Force Laboratory (PoC Dr. Jay Miller) een onderzoeksvoorstel, getiteld “*Enhanced C3 Team Training for Sustained Operations*” ingediend bij het ‘Windows on Science (WOS) Program’ van de ‘European Office of Aerospace Research & Development (EOARD)’. Dat programma is goedgekeurd en loopt in 2004-2005. In dit project doet TNO Technische Menskunde onderzoek naar de vraag hoe teamleden gemodelleerd kunnen worden om simulatie-gebaseerde tactische training effectiever en efficiënter te maken.

In het kader van het verkennend onderzoek en binnen de KL-programma’s “soldaat-effectiviteit” en “optreden kleine eenheden” wordt samengewerkt met het US Natick Soldier Centre en software-ontwikkelbedrijf STI bij het opstellen van specificaties voor modellering van menselijk gedrag om IUSS te kunnen gebruiken voor andere toepassingen, zoals training en doctrine-ontwikkeling.

Recentelijk is een Memorandum of Understanding opgesteld tussen TNO en het FOI (Swedish Defence Research Agency). De kennis en ervaring die bij het FOI is over de toepassing van Computer Generated Forces (CGFs) in, met name, het domein van (training van) vliegeniers, kan hierbij bijzonder nuttig zijn.

Tevens zijn er contacten met DRDC, Canada (Brad Cain); DSTO, Australia (George Galanis; Anne-Marie Grisogono, Armando Vozzo).

Defensieprogramma's

Gestreefd wordt om in de defensie-programma's onderzoek naar toepassingen van gedragsmodellen onder te brengen. Voor het KL programma “Integrale Opleiding en Training”, dat in april 2004 van start gaat, zijn projectvoorstellen ingediend waarbij gedragsmodellering een belangrijke rol speelt. In een projectvoorstel wordt onderzocht hoe met gedragsmodellen intelligent gedrag van enemy-forces kan worden gegenereerd waardoor de trainingswaarde van PC-game trainingsscenario's wordt vergroot. In een ander voorstel wordt onderzocht hoe door middel van expert-modellen zelfstandig geautomatiseerde Tactical Decision Games kunnen worden ontwikkeld, ten behoeve van de continue tactische vorming van KL-officieren.

Voor de KM is recentelijk een programmacontour ingediend, getiteld “*Cognitieve modellen – “Next Step” in Rendementsverbetering van simulaties*”.

Voor de KLu zijn momenteel geen programma's of projectvoorstellen op het gebied van gedragsmodellering ingediend of voorbereid. Het is nuttig na te gaan hoe, eventueel door samenwerking met FOI (Zweden), initiatieven voor dit krijgsmachtdeel kunnen worden ontwikkeld.

In het programma Soldaat-effectiviteit wordt binnen een KL-case de mogelijkheden onderzocht van IUSS als onderzoekstool voor optreden van uitgestegen eenheden. Binnen het programma “optreden kleine eenheden” worden soortgelijke initiatieven voorbereid.

7.2 Investerings en middelen

Het modelleren van kennis over menselijk gedrag is een kostbare kwestie in termen van tijd, geld en moeite. Toch loont het de moeite omdat de ontwikkelingen in de wetenschap en technologie duidelijk maken dat met de implementatie van gedragsmodellen in simulaties onderzoeksvragen van klanten beter kunnen worden beantwoord, en dat activiteiten van klanten (bijv. ontwerp, training, doctrine-ontwikkeling) doelmatiger kunnen worden uitgevoerd. Bij TNO is de expertise aanwezig om die meerwaarde van gedragsmodellen ook daadwerkelijk aan te tonen. Daarvoor is het van belang dat kennis over gedragsmodellering niet alleen inzichtelijk wordt gemaakt binnen de grenzen van een laboratorium-setting, maar dat de toepassingen van die kennis ook kunnen worden aangetoond in een context die representatief en herkenbaar is voor toekomstige afnemers van onze kennis.

Om dit te kunnen realiseren is het nodig om over tools te beschikken waarmee formele beschrijvingen van menselijk gedrag geïmplementeerd kunnen worden in een computerprogramma. Er zijn op de markt vele tools beschikbaar, zoals ACT-R, EPIC, MicroSaint, SOAR, OMAR, COGNET en vele anderen (zie voor een beschrijving en vergelijking: Pew & Mavor, H3, pp.51-111).

Met deze tools kunnen resultaten uit taakanalyses worden geformaliseerd in een gedragsmodel en geïmplementeerd in computercode. Met deze computercode kan het gedrag van individuen of eenheden in een simulatie worden aangestuurd. Dus: de computercode van het gedragsmodel ontvangt allerlei gegevens van de simulatie (bijv. eigen positie, positie andere eenheden (vriend/vijand), terrein, positie objecten, zicht, temperatuur, etc.). Vooraf moet gespecificeerd zijn welke gegevens tussen model en simulatie uitgewisseld moeten kunnen worden. De computercode genereert op basis van de input gedrag volgens de interne modelspecificaties en geeft dat door aan de simulatie. De anderen eenheden en objecten reageren hierop en koppelen gegevens over de eventueel veranderde toestand terug aan de computercode. Dit is een continu proces, waardoor een interactief en dynamisch scenario gerund kan worden.

Uit deze beschrijving is duidelijk dat nodig is:

- Een tool voor het formaliseren van een gedragsmodel in computercode die in staat is om te communiceren met een gesimuleerde wereld (bijv. COGNET)
- Een simulatieomgeving met scenariogenerator waarmee de toepassingen van gedragsmodellen in een voor de klant herkenbare (face validity) manier kunnen worden gedemonstreerd (bijv. STAGE, VR-forces)
- Een module die de communicatie (DIS, HLA) verzorgt tussen de simulatieomgeving enerzijds en de computercode van het gedragsmodel en andere (TNO Technische Menskunde-) simulatoren anderzijds.

In het projectteam “human modelling” zijn analyses uitgevoerd welke eisen de onderscheiden onderzoekstoepassingen stellen aan de modelleer- en simulatieomgevingen. Er is een verkenning gemaakt van de op de markt beschikbare tools en simulatie-platformen. Documentatie hierover is te vinden op *tamtam* via *tamtam* > projecten > 63052 > documenten.

Voor het ontwikkelen van gedragsmodellen voor het domein van uitgestegen eenheden is *IUSS* van *STI* geschikt. Dit pakket komt het meest in aanmerking vanwege de specifieke toespitsing op dit domein, de TNO-interne contacten met TNO-PML (Ellen van Son), de internationale contacten met Natick Soldier Center, en de ervaring die binnen TNO Technische Menskunde met deze programmeeromgeving is opgedaan. Binnenkort komt de β -release van *IUSS* versie 5 voor TNO Technische Menskunde beschikbaar (gratis, als deelnemer aan het ontwikkelteam). Met deze versie is het mogelijk om ook het cognitieve gedrag van de uitgestegen soldaat (situatiebeoordeling, intelligent beslissen) te modelleren.

Voor het ontwikkelen van gedragsmodellen voor tactische commandovoering is *COGNET* geschikt. Dit pakket heeft het voordeel dat het specifiek gericht is op cognitieve (team)processen, het wordt ook gebruikt door onze internationale partners, het heeft een open architectuur die bewezen goed communiceert met simulatie-pakketten, en er is ervaring mee opgedaan bij Training en Opleiding.

Voor het onderzoeken en demonstreren van gedragsmodellen is een simulatie-omgeving nodig. Een potentieel geschikt platform daarvoor is *VR-forces* van MÄK-Technologies. Daarvoor is een proeflicentie aangevraagd, en in de zomer van 2003 wordt onderzocht of dit pakket inderdaad aan de gewenste en geëiste functionaliteit voldoet.

Bij het US Air Force Research Laboratory (partner in een WOS-onderzoeksproject) wordt de agent-based simulatieomgeving (*AEDGE*) gebruikt. Dit is een gedistribueerde, real-time (team) command & control omgeving bestaande uit simulatoren, intelligente *agents* en gebruikersinterfaces. Het is, onder andere, gebruikt in C3 onderzoek naar een Weapons Director team (4 personen) van een AWACS. Daarbij wordt het gedrag van één of meer teamleden gegenereerd door gedragsmodellen ("*intelligent agents*"). Maar *AEDGE* is ook geconfigureerd en gebruikt voor andere (team) commando-omgevingen (o.a. marine). Meer informatie over *AEDGE* is te vinden op [tamtam > projecten > 63052 > documenten](#).

Uit de publicaties over *AEDGE* ontstaat het beeld dat dit platform bij uitstek geschikt is voor onderzoek naar agent-based simulatietraining in tactische commandovoering (voor "human modelling" maar vermoedelijk ook als simulatie-engine voor Eff-com's *Cannibal Hector*; de mobiele commandocentrale van de toekomst). Er vindt momenteel (zomer 2003) overleg plaats of *AEDGE* ook voor TNO Technische Menskunde beschikbaar kan worden gesteld, tegen welke kosten en onder welke voorwaarden.

REFERENTIES

- Chandrasekaran, B. & Josephson, J.R. (1999). Cognitive Modeling For Simulation Goals: A Research Strategy for Computer-Generated Forces. *Proceedings of the 8th Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation*. Held at: Orlando, Florida.
- Graaf, J.E. de (2002). Versterking van de multidisciplinaire samenwerking bij TM. *Interne notitie TNO-Human Factors*.
- Korteling, J.E., Bosch, K. van den & Emmerik, M.L. van (1997). *Low-cost simulators Ia: Literature review, analysis of military training, and selection of task domains* (Report TM-97-A035). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors.
- Moratis, L., Hoff, J. & Satter, K. (2003). Simulaties en games in het managementonderwijs. *Onderwijsinnovatie, september 2003*, 19-21.
- Pew, R.W. & Mavor, A.S. (1999). *Modeling Human and Organizational Behavior*. Washington, DC: National Academy Press.
- Smith, R.D. (1999). *Simulation: the engine behind the virtual world*. In R.D. Smith (Ed.), *Simulation 2000 series*; version. 1.

Soesterberg, april 2004



Dr. J.E. Korteling
(1e auteur)



Dr. K. van den Bosch
(projectleider)

BIJLAGE A Inventarisatie van Human Models bij TNO Technische Menskunde

De geïnventariseerde modellen zijn onderverdeeld in de volgende vier types:

- 1 (Psycho)fysische modellen
- 2 Individuele (systeem) modellen
- 3 Team/groeps modellen
- 4 Hogere aggregatieniveaus

Achter de naam van het model staat tussen haakjes een getal (1-5) als indicatie van de mate van gevorderdheid ervan voor toepassing in simulaties:

- 1 = Conceptueel en voornamelijk kwalitatief
- 2 = Conceptueel en kwantitatief uitgewerkt
- 3 = Geïmplementeerd in software
- 4 = Embedded in een niet-gevalideerde simulatie
- 5 = Embedded in een gevalideerde simulatie

1 (Psycho)fysische modellen

Ruimtelijke oriëntatie model ROM (4)

(W. Bles)

Voorspelt de waargenomen zelfbeweging op basis van feitelijke bewegingen

Invoer:

Omgevingsparameters: beweging van het platform waarop de waarnemer zich bevindt (lineair, rotationeel, snelheid)

Individuele parameters: beweging van hoofd en lichaam

Scenario's over: vliegen, varen, rijden (bijv. voor ongevalsanalyse)

Uitvoer:

Waargenomen zelfbeweging

Bewegingsziekte model (4/5)

(W. Bles)

Voorspelt de kans en incidentie van bewegingsziekte in simulatoren en op bewegende platforms

Invoer:

Omgevingsparameters: beweging van het platform waarop de waarnemer zich bevindt (lineair, rotationeel, snelheid)

Individuele parameters: beweging van hoofd en lichaam

Scenario's over: vliegen, varen, rijden, simulatoren, kermisattracties etc.

Uitvoer:

Kans en incidentie van bewegingsziekte

Richting afstand horen (2)

(A. Bronkhorst)

Potentieel deel van audio-expertsysteem (AES)

Voorspelt de gehoorde richting en de afstand van een geluidsbron

Invoer:

Omgevingsparameters: te lokaliseren geluid, signaalniveau, lawaainiveau, akoestiek

Individuele parameters: gehoorscherppte, head-related transfer functies

Scenario's over:

Uitvoer:

Gehoorde richting en afstand van een geluidsbron

TDA schaal met thermomodellen (2)

(H. Daanen)

TDA Thermal Exposure model

Een model dat aangeeft wanneer de thermische belasting normen overschrijdt en te hoog wordt. Beschikt ook over vuistregels en algemene normen. Kan worden gebruikt om problemen/ vraagstellingen te definiëren. THDyn (zie onder) maakt deel uit van TDA.

Invoer:

Omgevingsparameters: klimaat, bodemkenmerken, kleding
 Individuele parameters: lichaamsgewicht, acclimatisatieniveau
 Scenario's over: kledingisolatie en metabolisme (inspanningsniveau)

Uitvoer:

Kans op thermische overbelasting, hoeveelheid vochtverlies, kans op bevroering

Spraak-verstaanbaarheid Speech Transmission Index, STI (2)

(S. van Wijngaarden)

Voorspelling van de spraakverstaanbaarheid tussen een spreker en luisteraar op basis van fysische eigenschappen en gehoor eigenschappen. Dit model en het gebruik ervan is verregaand gestandaardiseerd. Onderstaande indeling in parameters is te grof

Invoer:

Omgevingsparameters: lawaainiveau, nagalmtijd, bandbreedte medium (telefoon)
 Individuele parameters: geslacht spreker, spraakniveau, spreekafstand, gehoorverlies luisteraar, dragen gehoorbeschermer

Scenario's over:

Uitvoer:

Voorspelling verstaanbaarheid en diagnostische informatie (in 1 index 0-1)

Body Cooling Model (2)

(E. den Hartog)

Voorspelt de afkoeling van dode lichamen o.i.v. allerlei individuele- en omgevingsvariabelen. Het model is een uitgekilde versie van THDyn (zie onder)

Invoer:

Omgevingsparameters: klimaat, bodem
 Individuele parameters: antropometrische gegevens, kleding, warmteproductie
 Scenario's: opgebouwd uit de invoerparameters in de tijd, inclusief de warmteverdeling onder invloed van gedeeltelijke/ongelijke bedekking door kleding

Uitvoer:

Lichaamstemperatuur

THDyn (2)

(W. Lotens/H. Daanen)

Fysiologische en fysieke warmtehuishouding van levende personen

Invoer:

Omgevingsparameters: klimaat, kleding
 Individuele parameters: antropometrische gegevens, fitnes, acclimatisatie
 Scenario's over: opgebouwd uit de invoerparameters in de tijd

Uitvoer:

Fysische en fysiologische variabelen, prestatie

JointStrain (4)

(H. Daanen)

Het model berekent de compressie en schuifkracht van de lumbale tussenwervelschijf en de belasting en belastbaarheid van gewrichten. Het model is goed onderbouwd en bevat een simpele interface.

Invoer:

Omgevingsparameters:

Individuele parameters: houding, gewicht en lengte. Kom maar eens kijken, dan laat ik het zien.

Uitvoer:

Compressie en schuifkracht van de lumbale tussenwervelschijf en de belasting en belastbaarheid van gewrichten.

VISDET (2)

(F. Kooi c.s.)

Visueel zoekmodel voorspelt detectiekans als functie van de tijd

Zowel individuele als omgevingsparameters zijn nodig. Data onzeker

Invoer:

Omgevingsparameters:

Individuele parameters:

Scenario's over: waarnemer doelsituatie

Uitvoer:

Detectiekans als functie van tijd

CAMELEON (2)

(F. Kooi c.s.)

Voorspelt detectiekans van objecten in een omgeving als functie van afstand, ontwikkeld voor camouflage evaluatie.

Duits model; aanwezig op TNO-FEL.

Invoer:

Omgevingsparameters: visuele beelden van het object in zijn omgeving

Individuele parameters: geen

Scenario's over: militair relevante objecten (voertuigen, bouwwerken, mensen)

Uitvoer:

Detectiekans als functie van afstand

ETAR97 en TARGAC (2)

(F. Kooi c.s.)

Voorspelt doelacquisitieafstanden op basis van ACQUIRE (zie elders) voor doelen, achtergronden, tijd van de dag, seizoen, plaats op aarde, voor HV, Warmtebeeld en optische kijkers. overgenomen model: TARGAC is overgenomen uit de EOSAEL bibliotheek van (slagveld)atmosfeer modellen en door TNO Technische Menskunde aanzienlijk verbeterd. ETAR97 is een gebruiksvriendelijk schil om TARGAC, door TNO Technische Menskunde ontwikkeld als practicum tool voor de KMA.

Invoer:

Omgevingsparameters: plaats op aarde, datum en tijd. Doel en achtergrond, te kiezen uit tabel

Sensorparameters: minimum resolvable temperature difference (MRTD,) en minimum resolvable contrast (MRC). De laatste twee zijn curves gemeten met een mens die door een bepaalde camera kijkt naar een testpatroon.

Individuele parameters: geen

Scenario's over:

Uitvoer:

Doelacquisitieafstanden en/of kansen

MIF Motion Induced Fatigue (2)

(W. Bles)

Voorspelt lichamelijke vermoeidheid in bewegende omgevingen (schepen)

Invoer:

Omgevingsparameters: lineaire (translatie) en rotationele platformbewegingen (snelheden, amplitudes)

Individuele parameters: zuurstofopname en maximale zuurstofopname

Scenario's over: periode van beweging

Uitvoer:

TTE (Time To Exhaustion)

Model voor bewegingszien bij eigen beweging (2)

(W. Bles)

Voorspelt de wijze waarop eigenbeweging het waarnemen van de beweging van objecten in onze omgeving beïnvloedt.

Invoer:

Omgevingsparameters: fysische bewegingsgegevens zoals snelheid en afstand van het object
 Individuele parameters: translaties en rotaties (van hoofd, ogen en lichaam)
 Scenario's over: alle mogelijke vormen van eigen beweging en combinaties daarvan (ogen, hoofd, lichaam)

Uitvoer:

De waargenomen objectbeweging (translatie en rotatie)

Zoektijd gebaseerd op opvallendheid (2)

(Kooi & visuele groep)

Visueel zoekmodel voorspelt de zoektijd uit de visuele opvallendheid. De opvallendheid wordt ter plekke gemeten of berekend. Het model is in principe een elegant middel om de zoekmodules van overkoepelende modellen zoals IUSS in te vullen (simpel algoritme) en te valideren (kalibratie t.o.v. de opvallendheden in een echte omgeving).

Invoer:

Visuele opvallendheid *of* het beeldmateriaal

Uitvoer:

(Statistiek van) de zoektijd

FLIR92, ACQUIRE (3)

(P. Bijl c.s.)

Doelacquisitiemodel. Voor een waarnemer met een elektro-optisch hulpmiddel (bijv. warmtebeeldcamera) voorspelt FLIR92 de MTRD (een maat voor de waarnemingsprestatie). Uit de MRTD voorspelt ACQUIRE de kans op herkenning en identificatie van militaire doelen als functie van de waarnemingsafstand.

Invoer:

Fysische eigenschappen van camera, atmosferische transmissie

Uitvoer:

MRTD, Doelacquisitie-afstanden en/of kansen

NVTherm, TRM3 (3)

(P. Bijl c.s.)

Twee doelacquisitiemodellen, beide opvolger van FLIR92/ACQUIRE. Voor een waarnemer met een elektro-optisch hulpmiddel (bijv. warmtebeeldcamera) voorspellen deze modellen (gebaseerd op verschillende principes) de kans op herkenning en identificatie van militaire doelen als functie van de waarnemingsafstand.

Invoer:

Fysische eigenschappen van camera, atmosferische transmissie

Uitvoer:

Doelacquisitie-afstanden en/of kansen

TOD model (2)

(P. Bijl cs)

Doelacquisitiemodel. Voor een waarnemer met of zonder een elektro-optisch hulpmiddel voorspelt dit model de TOD, een maat voor de waarnemingsprestatie. Hiermee kan m.b.v. ACQUIRE de kans op herkenning en identificatie van militaire doelen als functie van de waarnemingsafstand berekend worden. Een belangrijk verschil met andere modellen is dat het een hoogwaardig model voor het visuele systeem bevat, dat ook voor andere toepassingen bruikbaar is.

Invoer:

Fysische eigenschappen van camera

Uitvoer:

TOD (curve), doelacquisitie-afstanden en/of kansen

Gezichtsscherpte als functie van lichtniveau (2)

(J. Alferdinck)

Wiskundige formule die bij een bepaald lichtniveau de (Landolt-C) gezichtsscherpte berekent, d.w.z. het kleinste nog juist waarneembare detail.

Invoer:

Lichtniveau (luminantie) van de omgeving

Uitvoer:

Gezichtsscherpte

Waarneembaarheid van puntvormige lichtbronnen (2)

(J. Alferdinck)

Voorspelt of een puntvormige lichtbron zichtbaar is.

Invoer:

Lichtniveau (luminantie) van de omgeving, lichtsterkte van de puntbron, meteorologisch zicht, waarnemingsafstand.

Uitvoer:

Zichtbaar of niet zichtbaar.

Leesbaarheidsafstand (2)

(J. Alferdinck)

Voorspelt de afstand waarop tekst leesbaar is. Aangenomen wordt dat de tekst een goed contrast heeft en een duidelijk lettertype heeft.

Invoer:

Gezichtsscherpte van de waarnemer, letterhoogte

Uitvoer:

Leesbaarheidsafstand.

2 Individuele (systeem) modellen

Deze modellen voorspellen gedrag, of gedragskenmerken, van het individu individuele- en omgevingsparameters.

Mensmodellen Safeworks, BHMS, Ramsis, Jack (2/3)

(N. Delleman)

Modellen voor het voorspellen van gezonde werkhoudingen en bewegingspatronen op toekomstige werkplekken, rekening houdend met de dynamiek in de lichaamsmaten van specifieke gebruikersgroepen

Invoer:

Omgevingsparameters: werkplekafmetingen, hoeken

Individuele parameters: lichaamsmaten

Scenario's over: werkplekinrichting en daarin uit te voeren taken

Uitvoer:

Resulterende houdingen en bewegingen, conflicten, toelaatbare afmetingen, populatie percentielen. Sommige modellen leveren ook benodigde spierkracht en andere inspannings- en belastingswaarden. Hieruit vloeien uiteindelijk gezondheidsrisico's voort.

Intelligent verkeersmodel low cost rijnsimulator (5)

(B. Kappé/H. Korteling)

Verkeersmodel dat autonome verkeersdeelnemers simuleert die onderling interacteren en interacteren met het gesimuleerde voertuig van een bestuurder

Invoer:

Omgevingsparameters: alle parameters die nodig zijn om verkeerssituaties te beschrijven afmetingen en posities van wegelementen, verkeerstekens, signaleringen etc., inclusief de snelheid, positie en type van andere weggebruikers

Individuele parameters: positie, snelheid van eigen voertuig

Scenario's over: normaal verkeer op tweestrookswegen, voorlopig alleen bestaand uit personenauto's

Uitvoer:

Weggedrag, i.e., snelheid (lateraal, rotationeel), oriëntatie en positie op de weg van voertuigen

Virtuele Rij-Instructeur (4)

(H. Korteling/B.Kappé)

Geeft autonoom d.m.v. spraak, en visuele informatie, rijles in een rijsimulator. Dit houdt in: keuze van leerdoelen, lessen en scenario's, het geven van on-the-fly instructie en feedback, en het meten en evalueren van het rijgedrag aan de hand van leerling- en leerdoel-afhankelijke prestatiecriteria. Het model wordt op dit moment ontwikkeld gevalideerd (gereed: december 2004).

Invoer:

Omgevingsparameters: alle parameters die nodig zijn om verkeerssituaties te beschrijven, afmetingen en posities van wegelementen, verkeerstekens signaleringen etc inclusief de snelheid, positie en type van andere weggebruikers

Individuele parameters: positie, snelheid van eigen voertuig

Didactische parameters: leerdoelen, eerdere lessen en lesresultaten

Scenario's over: normaal verkeer op tweestrookswegen, voorlopig alleen bestaand uit personenauto's

Uitvoer:

Instructie, feedback en les/leerresultaten

Modellering Cognitieve Taakbelasting (IV) (3)

(Mark Neerinx)

Model van cognitieve taakbelasting voor het bepalen van optimale taakverdeling.

Toepassingsgebied: taakallocatie, ontwerp mens-computer interactie (O&T)

Domein: KM, procesindustrie, verkeerscentrales

Aggregatieniveau: individu/systeem

Beschrijving: Naast de klassieke belastingsfactor tijdsdruk onderscheidt het model twee andere factoren die de cognitieve taakprestatie en mentale inspanning beïnvloeden: de complexiteit van de taak en het aantal wisselingen van taken. Het model is geïmplementeerd in een eerste prototype simulatie-programma (in IPME).

Uitvoer:

Voor verschillende scenario's, taakallocaties, vormen van computerondersteuning en ervarings-niveaus van bemanning, wordt de prestatie (uitvoertijd) en individuele belasting berekend

Prospect Theory Model (1)

(J. Kerstholt)

Beschrijft de relatie tussen objectieve kenmerken van verschillende keuzeopties en de subjectieve evaluatie daarvan die leidt tot een keuze uit de beschikbare alternatieven

Invoer:

Omgevingsparameters: keuzemogelijkheden (opties) en objectieve evaluatie ervan

Individuele parameters: verwachtingen en referentiepunten

Scenario's over: beslis en keuzeproblemen, bijv. toe te passen bij het voorspellen van consumentengedrag

Uitvoer:

In een utiliteitscurve wordt beschreven hoe opties subjectief worden gewaardeerd

3 Team/groeps modellen

Team- of groeps-modellen beschrijven het gedrag van een collectief van individuen (meestal op aggregaatsniveau) op basis van kenmerken van de omgeving, individuele- en/of groepsparameters.

IUSS, Integrated Unit Simulation System (4/5)

(A. Woering)

Dit model berekent de gevechtsafloop bij gevechten tussen uitgestegen infanteristen. Het model heeft interne algoritmes voor suppressiegedrag, wapenuitwerking, trefkans en ballistiek, wapeninzet, terreingebruik, casualty level, fysiologische belasting, waarneming, doelselectie, bewegen in formatie. Het is DIS compatibel en zal HLA compatibel worden. Uitbreidingen met urban operations en peace-keeping operations staat op stapel.

Invoer:

samenstelling eenheden, wapens, bescherming, waarnemingsapparatuur, terrein, route, taak

Uitvoer:

Gevechtsverloop, gewonden doden, munitiegebruik, fysiologische belasting

Scenario's: gevechtsscenario's zelf te bouwen, te volgen op scherm, slow motion beschikbaar, analyse beschikbaar, summary beschikbaar

Verkeer op netwerk niveau MIXIC (4/5)

(J. Hogema)

Beschrijft doorstroming op rechte snelwegen van verkeer op netwerkniveau als functie van individueel 'afgeschoten' voertuigen waarvan de bestuurders zekere eigenschappen hebben

Invoer:

Omgevingsparameters: aantal rijstroken, wegbreedte

Individuele parameters: (real-life) data over posities en snelheden van voertuigen, voertuigtypen, voertuigkenmerken zoals (automatische) cruise control, bestuurderskenmerken zoals zuinig rijden

Scenario's: rechte snelwegen met verschillende typen voertuigen

Uitvoer:

Doorstromings-, veiligheids- en emissieparameters

HUNTER, Humans in a Natural Task Environment Representation (1)

(H. Korteling)

Dit model is bedoeld voor het introduceren van *human factors* in wargames en constructieve simulaties. Het toont op een kwalitatieve wijze hoe individuele *emotionele* en *psychofysische* reacties door de omgeving/situatie worden getriggerd. Deze toestanden beïnvloeden de selectie, structuur en constructie van informatie door *schemata*. Op basis hiervan wordt een *mentaal model* van de situatie opgebouwd. Schemata veranderen als functie van opleiding en training en ervaring. Dit geldt tevens voor het handelingsrepertoire, dat, samen met het mentale model, bepaalt welke besluiten worden genomen teneinde handelingen uit te voeren. De kwaliteit van deze handelingen worden gemoduleerd door de psychofysische activatie factoren, training/opleiding en door ergonomische- en andere externe beperkende factoren. De acties beïnvloeden psychofysische toestandsvariabelen en de externe situatie.

Invoer:

Omgevingsparameters: taken en taakkenmerken (complexiteit, onzekerheid, tijdsdruk), bedreigingen, obstakels, doelen, ergonomische factoren

Individuele parameters: vaardigheden, vermoeidheid, schemata, mentale modellen

Scenario's over: gevechten op het slagveld

Uitvoer:

Acties en verplaatsingen van individuen, groepen en teams.

Teams onder stress Het Teamstress model (1)

(T. van Vliet)

Dit model wordt ontwikkeld om in het vervolg antecedenten en consequenties van teams onder stress in kaart te brengen en voorspellingen te kunnen doen over welke psychosociale factoren het meeste invloed hebben op het functioneren van teams en individuen daarin.

Invoer:

Omgevingsparameters:

Individuele parameters:

Scenario's over:

Uitvoer:**Team info processing (4)**

(W. Post/P. Essens)

Team Information Processing Environment (voorl. Naam: TIPME). Doel is de beschrijving en simulatie van teamfunctioneren in termen van werkbelasting en tijdsconsumptie. Gebaseerd op IPME. Voorspelling van effecten van team-gerelateerde factoren op de taakprestatie.

Invoer:

Omgevingsparameters: onzekerheid, taakcomplexiteit, taakkenmerken, structuur van de organisatie

Individuele parameters: eigenschappen van teams, bijv. het hebben van een coördinator die taken verdeelt, een leider (type leider), groepscohesie, teamvaardigheden

Scenario's over: maritieme taken, i.e., commandocentrale van fregatten

Uitvoer:

Nader te bepalen in termen van tijd en kwaliteit van de taakuitvoering

EVAC (4)

(L. Boer)

EVAC beschrijft het vluchtgedrag van mensen uit een ruimte (gebouw, schip) met vluchtroutes.

Invoer:

Omgevingsparameters: plattegrond van het gebouw inclusief de vluchtroutes

Individuele parameters: "occupants" verdeeld over de ruimte, loopsnelheid als functie van leeftijd

Uitvoer:

Het aantal deelnemers dat in de tijd bepaalde "overschrijdingslijnen" passeert

4 Hogere aggregatieniveaus**Cost Effectiveness Analysis (3)**

(W. Lotens)

CEA probeert bestaande modellen (Life Cycle Cost, Force level analysis, wargames, tactical combat, manning, training effectiveness, etc.) zodanig met elkaar te gebruiken dat beleidsbeslissingen ondersteund kunnen worden met optimalisatie van gevechtskracht. Voorbeelden zijn conversie van een brigade, manning versus training, invoer dure wapensystemen, alles natuurlijk onder financiële randvoorwaarde.

Invoer:

Uiterst breed. Wat momenteel geprobeerd wordt is om de human factors beter in rekening te brengen om het realisme te verhogen.

Scenario's: alleen de gevechtsmodellen zijn scenario-based. Het hele model is meer een methode dan een formeel model

Uitvoer:

Effectiviteit in het licht van de hele doelstelling van Defensie, niet slechts van een deelsysteem.